

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Л $\frac{30310-281}{051(01)-76}$ 89-76

ПРЕДИСЛОВИЕ

Производство электроэнергии в нашей стране непрерывно увеличивается. Немалая часть выработанной электроэнергии (около 10%) затрачивается на электрическое освещение производственных предприятий, жилых и общественных зданий.

Рациональное использование электроэнергии является важной народнохозяйственной задачей. Правильно выполненное электрическое освещение способствует улучшению качества продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижению утомляемости.

Современная установка электрического освещения или, как ее называют, осветительная установка представляет собой достаточно сложный комплекс, состоящий из источников света, осветительных приборов, электрической сети, распределительных устройств. Быстрый и качественный монтаж осветительной установки обеспечивается широким применением монтажных изделий и конструкций заводского изготовления. Основная часть заготовочных работ производится в специальных мастерских, с тем чтобы монтажные работы, проводимые на строительной площадке, сводились к сборке узлов и соединению элементов электропроводки.

Персонал, эксплуатирующий осветительную установку, должен хорошо знать ее устройство, уметь качественно выполнять необходимые работы.

В предлагаемой книге приведены сведения об устройстве современных осветительных установок и рекомендации по их монтажу и эксплуатации. Некоторые сведения и материалы, касающиеся общих вопросов для всех электротехнических установок напряжением до 1000 В, сокращены или опущены в связи с тем, что их описание получило отражение в ряде выпусков «Библиотеки электромонтера» издательства «Энергия».

Авторы приносят благодарность канд. техн. наук С. А. Клюеву, рекомендациями которого они пользовались при подготовке книги. Авторы обращаются к читателям с просьбой присылать свои замечания и пожелания по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия».

Авторы

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕТОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Световой поток. Из громадного диапазона длин волн известных науке электромагнитных излучений (от ничтожных долей миллиметра до тысяч километров) светотехники изучают лишь небольшую область спектра, называемую оптической и содержащую ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные излучения. Внутри оптической области спектра для нас особый интерес представляют излучения с длинами волн в пределах от 380 до 760 нм*, основная особенность которых состоит в том, что они воспринимаются человеческим глазом как свет. Излучения с длиной волны меньшей 380 и большей 760 нм для человека невидимы.

Каждой длине волны соответствует определенный цвет излучения. Например, излучения с длинами волн, лежащими в интервале от 620 до 760 нм, воспринимаются глазом как разные оттенки красного цвета. По мере уменьшения длины волны цвета постепенно меняются в такой последовательности: оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый.

На практике приходится чаще всего иметь дело с телами, излучающими свет сложного спектрального состава, состоящий из волн различных длин.

Энергия видимых излучений воздействует на светочувствительные элементы глаза и производит световое ощущение, интенсивность которого зависит от мощности излучения и длины волны. Последнее объясняется разной чувствительностью глаза к излучениям с различными длинами волн. При одинаковой мощности излучений каждой из длин волн наибольшее световое ощущение

* Нанометр — единица измерения длины, равная 10^{-9} м.

возникает при излучении желто-зеленого цвета с длиной волны 554 нм. Синее излучение той же мощности воспринимается примерно в 20, а красное — в 50 раз слабее.

Мощность излучения, которая оценивается по световому ощущению, воспринимаемому глазом человека, называется световым потоком и обозначается буквой F . Единицей измерения светового потока служит люмен (лм).

Примерное представление о люмене дают следующие данные: световой поток обычной стеариновой свечи равен 10—15 лм, электрической лампы накаливания мощностью 25 Вт, 220 В — 220 лм.

Освещенность. Световой поток, падающий на какую-либо поверхность, освещает ее. Об интенсивности освещения поверхности судят по плотности распределения по ней светового потока, называемой освещенностью.

Освещенность E определяется отношением светового потока, упавшего на поверхность, к ее площади:

$$E = F/S. \quad (1-1)$$

Надо подчеркнуть, что освещенность не зависит от свойств самой поверхности: ее формы, цвета, светлоты. Одинаковый световой поток создает равную освещенность на темной и светлой поверхностях при равенстве их площадей.

Единицей освещенности является люкс (лк). Освещенность поверхности будет равна 1 лк, если на каждый 1 м^2 ее площади упадет световой поток в 1 лм, т. е. $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/1 \text{ м}^2$.

Оценить освещенность можно по следующим примерам.

В лунную ночь освещенность на поверхности земли составляет около 0,2 лк, а в солнечный день доходит до 100 000 лк. Настольная лампа мощностью 60 Вт создает на поверхности стола освещенность 150—200 лк.

Пример 1-1. Определить освещенность на листе бумаги $200 \times 300 \text{ мм}$, если на него падает световой поток 12 лм.

Площадь листа бумаги, выраженная в квадратных метрах, составляет:

$$S = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ м}^2.$$

Освещенность листа

$$E = F/S = 12/0,06 = 200 \text{ лк}.$$

Сила света. Многие источники света излучают световой поток неравномерно — с различной интенсивностью в разных направлениях пространства. Чтобы характери-

зовать распределение светового потока источника, введено понятие *силы света*, определяющее плотность светового потока в данном направлении.

Численное значение силы света в данном направлении определяется следующим образом. В световом потоке источника выделяется его часть, распространяющаяся внутри очень узкого конуса с вершиной в точке расположения источника света (рис. 1-1). В таком конусе за направление распространения света можно принять направление его оси OA .

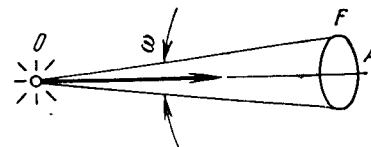


Рис. 1-1. К определению понятия силы света.

Отношение светового потока, заключенного в узком конусе, к величине телесного угла конуса ω определяет силу света в направлении оси конуса:

$$I = F/\omega. \quad (1-2)$$

За единицу силы света принята кандела (кд)¹, являющаяся основной светотехнической единицей, значение ее устанавливается по специальному эталону.

Телесный угол измеряется в стерadianах (ср)².

Из (1-2) следует, что

$$F = I/\omega.$$

При $I = 1 \text{ кд}$ и $\omega = 1 \text{ ср}$ $F = 1 \text{ лм}$, т. е. единица светового потока 1 лм определяется как световой поток, распространяющийся равномерно в телесном углу 1 ср, если сила света в направлении оси угла равна 1 кд.

Пример 1-2. Световой поток источника света 500 лм равномерно распространяется внутри телесного угла 0,5 ср. Определить силу света источника:

$$I = F/\omega = 500/0,5 = 1000 \text{ кд}.$$

Для практического использования источники света (лампы) устанавливаются в специальных приборах — светильниках (см. гл. 3). Понятие силы света применимо не только к источнику света, но и к светильнику.

¹ Прежнее название — свеча.

² Телесный угол в 1 ср вырезает на поверхности сферы, опи-санной из его вершины, участок, площадь которого равна квадрату радиуса сферы.

Характеристикой распределения сил света светильника в пространстве является кривая силы света. Каждая точка кривой на рис. 1-2 определяет в выбранном масштабе значение силы света I_α в направлении угла α , отсчитываемом против часовой стрелки от вертикальной оси. На вертикальной оси откладываются в масштабе силы света в канделах.

Кривая света светильника на рис. 1-2 симметрична относительно вертикальной оси. В таких случаях левую часть кривой обычно не показывают, а ограничиваются

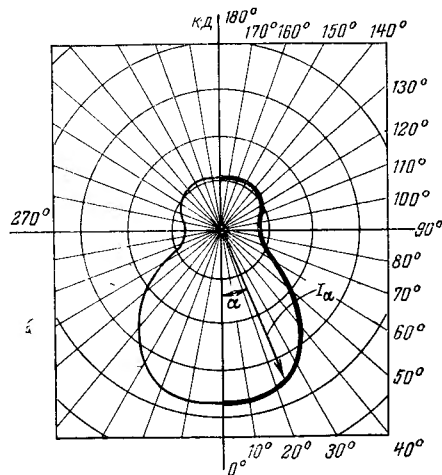


Рис. 1-2. Кривая силы света светильника.

изображением ее правой части в углах 0—180° (показана жирной линией).

Распределение силы света может быть задано не только в виде кривых силы света, но также и в виде таблиц зависимости силы света I_α от угла α . Для возможности сравнения кривых силы света разных светильников между собой их строят для условной лампы со световым потоком в 1000 лм.

Яркость поверхности. Яркость B светящей поверхности S в определенном направлении называется отношением силы света поверхности I в данном направлении к проекции поверхности S на плоскость P , перпендикулярную к тому же направлению (рис. 1-3):

$$B = \frac{I}{\text{пр. } S}. \quad (1-3)$$

Из определения ясно, что яркость светящегося тела зависит от направления, с которого мы его рассматриваем. Яркость является светотехнической характеристикой, которую непосредственно воспринимает глаз.

Единицей яркости служит кд/м^2 . Если сила света светящейся поверхности в заданном направлении равна 1 кд, а проекция поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению, равна 1 м^2 , то яркость такой поверхности равна 1 кд/м^2 .

Некоторое представление о единице яркости дают следующие примеры.

Яркость спирали осветительной лампы 220 В, 100 Вт составляет $55 \cdot 10^5 \text{ кд/м}^2$, а колбы люминесцентной лампы типа ЛБ 7,5 $\times 10^3 \text{ кд/м}^2$. Лист белой бумаги, освещенный настольной лампой, имеет яркость 30—40 кд/м^2 .

Пример 1-3. Светящий элемент прямоугольной формы размером 3 $\times 4 \text{ м}$ имеет силу света в перпендикулярном направлении 1200 кд. Определить яркость элемента в направлении силы света.

В данном случае плоскость, перпендикулярная силе света элемента, параллельна плоскости самого элемента. Поэтому площадь проекции элемента равна его площади: $S = 3 \times 4 = 12 \text{ м}^2$.

Яркость

$$B = \frac{I}{\text{пр. } S} = \frac{I}{S} = \frac{1200}{12} = 100 \text{ кд/м}^2.$$

Световые свойства тел. Световой поток F , падая на какое-либо тело, в общем случае частично им поглощается — F_α , частично отражается от его поверхности — F_ρ и частично проходит через тело — F_τ .

Отношение F_α/F , выражающее долю поглощенного телом светового потока, называется коэффициентом поглощения и обозначается α .

Отношение F_ρ/F , определяющее отразившуюся от тела долю светового потока, называется коэффициентом отражения и обозначается ρ .

И, наконец, часть светового потока, пропущенная телом и выражающаяся отношением F_τ/F , называется коэффициентом пропускания и обозначается τ .

* Прежнее название — инт.

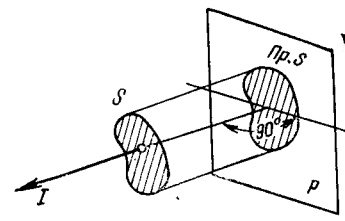


Рис. 1-3. К определению понятия яркости.

Из определения следует, что для каждого тела выполняется равенство

$$\alpha + \rho + \tau = 1. \quad (1-4)$$

Световые свойства тел определяются не только значениями α , ρ и τ , но и характером отражения и пропускания света, определяемым в свою очередь свойствами поверхности тела и его внутренней структурой. Различают три вида отражения и пропускания света телами: направленное, рассеянное (диффузное) и направленно-рассеянное.

Тела с блестящей гладкой поверхностью не рассеивают свет и обладают направленным или зеркальным отражением (например, зеркало), а если они прозрачны и сквозь них можно без искажения рассматривать окружающие предметы, то такие тела имеют направленное пропускание. Их представителем является оконное стекло.

Тела, которые отражают или пропускают свет, рассеивая его настолько, что их яркость становится одинаковой по всем направлениям пространства, обладают соответственно диффузным отражением или диффузным пропусканием. К ним относятся мел, гипс, известь, свежельявший снег (диффузное отражение), молочное стекло (диффузное пропускание).

Яркость материалов с диффузным характером отражения и пропускания прямо пропорциональна их освещенности.

Тела, обладающие направленно-рассеянным отражением и пропусканием, занимают как бы промежуточное положение. Они рассеивают свет с яркостью, различной для разных направлений пространства. Яркость в направлении зеркального отражения или направленного пропускания превосходит значения яркости в других направлениях. Поэтому на поверхности тел, обладающих направленно-рассеянным отражением (глянцевая бумага, матовая поверхность металла), можно наблюдать размытое изображение источника света. А через тела с аналогичным пропусканием в направлении источника просматривается расплывчатое световое пятно (матированное стекло).

В табл. 1-1 указаны световые характеристики наиболее часто применяемых в светотехнике материалов.

Чем выше коэффициент отражения поверхности, тем более яркой, более светлой она нам представляется.

Таблица 1-1

Световые характеристики некоторых материалов и поверхностей

Материал или поверхность	Коэффициенты			Характер отражения и пропускания
	отражения ρ	поглощения α	пропускания τ	
Мел	0,85	0,15	—	Диффузное
Эмаль силикатная	0,8	0,2	—	»
Алюминий зеркальный	0,85	0,15	—	Направленное
Зеркало стеклянное	0,7—0,85	0,3—0,15	—	»
Алюминий обжаренный	0,85	0,15	—	Направленно-рассеянное
Матированное стекло	0,10	0,05	0,85	То же
Стекло молочное	0,22	0,15	0,63	Диффузное
Стекло опаловое	0,3	0,1	0,6	»
Стекло силикатное	0,45	0,15	0,4	»

Легко понять роль светлой окраски стен, потолков и оборудования в помещении. Такое помещение кажется нам более насыщенным светом. Свет, отраженный от стен, потолка, пола и оборудования, частично падает на рабочее место, создавая на нем дополнительную освещенность (яркость). Поэтому в светлоокрашенных помещениях для создания необходимых осветительных условий можно применить источник света с меньшим световым потоком и, следовательно, меньшей мощности, чем в помещении с темной окраской. Применение светлой окраски помещений и оборудования дает значительную экономию электроэнергии.

Вопросы для проверки

1. Дайте определение светового потока, освещенности, силы света и яркости. Назовите единицы их измерения.
2. Какими величинами характеризуется любая точка на кривой силы света?
3. Что такое «диффузная поверхность»?
4. Какова роль светлой окраски строительных поверхностей и оборудования цеха в его освещении?

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

По принципу преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений современные электрические источники света могут быть поделены на две основные группы: тепловые, представителями которых являются лампы накаливания, и источники люминесцентного излучения, к числу которых относятся полувыводившие широкое применение в осветительных установках газоразрядные источники света — трубчатые люминесцентные лампы низкого давления и ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью (ДРЛ). К этой последней группе относятся осваиваемые в настоящее время металлогалогенные лампы (ДРИ) и натриевые лампы высокого давления.

2.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Принцип действия электрической лампы накаливания (рис. 2-1) основан на тепловом действии электрического тока, который, проходя через вольфрамовую нить накала лампы, нагревает ее. Высокая температура плавления вольфрама (около 3400°C) позволяет накалять нить лампы до $2500\text{--}2700^{\circ}\text{C}$. При такой температуре, превышающей более чем в 2 раза температуру расплавленной стали, нить накала лампы излучает световой поток. Чем выше температура нити накала, тем больше света она излучает.

Может удивить то обстоятельство, что вольфрамовая нить накала, нагретая до белого каления, не сгорает. Это происходит потому, что из внутреннего объема стеклянной колбы, в которой находится нить накала, тщательно выкачан воздух (создан вакуум) либо объем колбы после откачки воздуха заполнен инертным газом, т. е. таким газом, в среде которого вольфрамовая нить не может окисляться.

При этих условиях происходит то, что мы повседневно наблюдаем — нить накала при включении лампы в электрическую сеть накаляется, но не сгорает.

Лампы, из внутреннего объема которых выкачан воздух, называются вакуумными, а заполненные инертными газами — газонаполненными. Для заполнения колб ламп применяются смеси газов аргона и криптона с азотом.

Мы говорили о том, что чем выше температура нити накала, тем больше света она излучает. Почему же, в таком случае, создаваемая температура вольфрамовой нити накала лампы существенно меньше температуры плавления этого металла?

При нагревании любого тела происходит его испарение. Чем выше температура тела, тем испарение интенсивней. Вольфрамовая нить, нагретая до очень высокой температуры, испаряется. Частицы вольфрама, отрывающиеся от поверхности раскаленной нити, оседают на внутренней поверхности колбы, образуя на ней с течением времени темный налет. Это хорошо заметно в лампах, прогоревших длительное время.

Из-за испарения вольфрама нить накала, становясь тоньше, начинает излучать меньше света, а стекло колбы делается менее прозрачным благодаря покрывшему его изнутри слою частиц вольфрама. Этот процесс испарения вольфрама и уменьшения диаметра нити длится до тех пор, пока нить не обрывается.

Следовательно, продолжительность горения лампы зависит от скорости испарения вольфрама, а последняя, как мы уже говорили, зависит от температуры нагрева вольфрама.

Рабочая температура вольфрама не должна выходить за пределы той, при которой начинается его интенсивное испарение.

В вакуумных лампах испарение вольфрама и потемнение колбы происходят более активно, нежели в газонаполненных. В газонаполненных лампах наполняющий

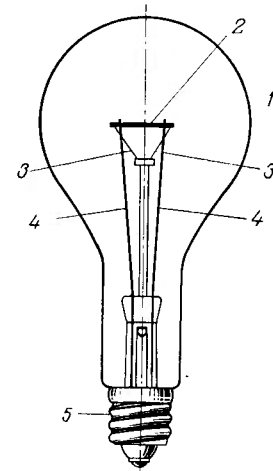


Рис. 2-1. Газополная лампа накаливания.

1 — колба; 2 — нить (тело накала); 3 — крючок; 4 — электрод; 5 — цоколь.

их газ замедляет испарение вольфрама. Это обстоятельство используется для повышения рабочей температуры нити накала, а следовательно, и экономичности газонаполненных ламп.

Преимущества, обусловленные наполнением ламп инертными газами, несколько уменьшаются из-за потери тепла нити накала, затрачиваемого на нагревание газа. Потери тепла через теплопроводность и конвекцию газа снижают температуру тела накала.

Уменьшение тепловых потерь через газ достигается наполнением ламп малотеплопроводными инертными газами (аргон, криптон, ксенон), а также уменьшением размера (концентрацией) тела накала. Это осуществляется сворачиванием вольфрамовой нити в плотную винтообразную спираль (моноспираль), а также сворачиванием моноспирали в двойную спираль (биспираль). В обоих случаях при спирализации нити не только уменьшаются потери тепла, но и уменьшается испарение вольфрама, что в свою очередь позволяет дополнительно повысить световую эффективность ламп.

Несмотря на все усовершенствования конструкции ламп накаливания только 2—4% потребляемой ими электрической энергии превращается в энергию видимых излучений. Остальная часть потребляемой лампами энергии расходуется на тепловые потери и невидимые излучения.

К основным электрическим и световым параметрам ламп накаливания относятся: напряжение, при котором они должны эксплуатироваться, электрическая мощность, излучаемый ими световой поток, световая отдача, средний срок службы.

Световой отдачей лампы C , лм/Вт, называется отношение светового потока лампы F в люменах к ее мощности P в ваттах:

$$C = F/P.$$

Чем больше световая отдача лампы, тем больше ее экономичность.

Под средним сроком службы ламп понимается среднее арифметическое значение из продолжительности горения всех ламп, количество которых устанавливается требованиями стандартов или технических условий на лампы данного типа.

Средний срок службы ламп накаливания общего назначения¹ при номинальном напряжении, т. е. напряжении, обозначенном на колбе лампы, составляет в соответствии со стандартом 1000 ч, а срок службы каждой отдельной лампы не менее 700 ч. Стандартом обуславливается, что световой поток каждой лампы после 750 ч горения должен составлять не менее 85% первоначального его значения.

Параметры ламп накаливания зависят от приложенного к ним напряжения. При напряжении, большем номинального, увеличиваются ток в лампе, температура нити накала и световой поток, излучаемый лампой, и одновременно уменьшается ее срок службы из-за более быстрого разрушения вольфрама. При понижении напряжения уменьшаются световой поток лампы и ее световая отдача. Вот почему при эксплуатации осветительных установок необходимо следить за тем, чтобы напряжение на лампах не сильно отличалось от номинального. На рис. 2-2 дан график зависимости параметров ламп накаливания от приложенного к ним напряжения.

Лампы накаливания общего назначения — самые массовые типы ламп — изготавливаются по ГОСТ 2239-70 напряжением 127 и 220 В мощностью от 15 до 1500 Вт. Световая отдача ламп растет с увеличением их мощности и изменяется для ламп 220 В от 7 лм/Вт для лампы 15 Вт до 19,3 лм/Вт для лампы 1500 Вт. Световая отдача ламп 127 В на 10—12% выше, чем для ламп 220 В.

С повышением рабочей температуры тела накала световой поток лампы растет быстрее, чем потребляемая ею мощность, и световая отдача лампы повышается. В лампах большой мощности с большей толщиной вольфрамовой нити допускается большая температура тела накала, чем объясняется их более высокая световая отдача. По этой же причине световая отдача ламп меньшего напряжения выше световой отдачи ламп большего напряжения одинаковой мощности.

В ГОСТ 2239-70 отсутствуют лампы мощностью 75 Вт. Эти лампы напряжения 127 и 220 В изготавливаются по техническим условиям ТУ 16-535. 110-71.

По ГОСТ 2239-70 изготавливаются лампы напряжением 127—135 и 220—235 В мощностью от 40 до 1000 Вт

¹ Так называются лампы накаливания, которые мы используем в быту и для общего освещения на производственных предприятиях и в общественных зданиях.

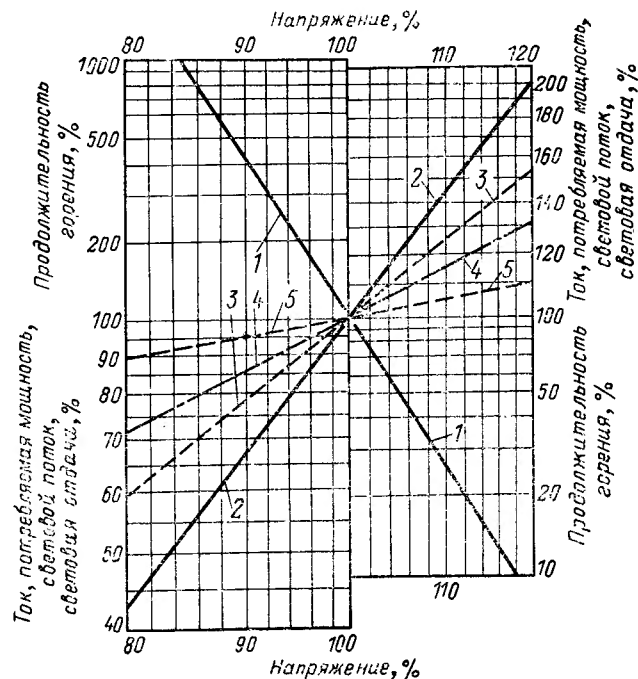


Рис. 2-2. Параметры лампы накаливания в зависимости от приложенного к ним напряжения.

1 — продолжительность горения; 2 — световой поток; 3 — световая отдача; 4 — потребляемая мощность; 5 — ток.

со средним сроком службы 2500 ч при напряжении питающей сети соответственно 127 и 220 В. Световой поток и световая отдача этих ламп на 15—20% ниже этих параметров ламп 127 и 220 В. Эти лампы рекомендуется применять в труднодоступных и редко посещаемых местах, в качестве сигнализаторов наличия напряжения на троллеях, а также в осветительных сетях с напряжением, большим номинального.

Для освещения рабочих мест светильниками, установленными в непосредственной от них близости, выпускаются лампы накаливания местного освещения напряжением 12 и 36 В мощностью до 100 Вт в прозрачных колбах и в колбах с нанесенными на их внутреннюю поверхность зеркальным или диффузным отражающим слоем. Эти последние называются рефлекторными лампами или лампами-светильниками.

Изготавливаются лампы-светильники и напряжением 127 и 220 В: зеркальные — мощностью до 1000 Вт и диффузные — до 200 Вт. Эти лампы особенно целесообразны в осветительных установках пыльных помещений. На световом потоке этих ламп мало сказывается их запыление, ибо оседающая преимущественно на верхней части лампы пыль почти не оказывает влияния на ее световой поток. Световой поток этих ламп на 10—15% меньше светового потока ламп одинаковой мощности, не имеющих отражающего слоя.

Электрические лампы накаливания, несмотря на их малую экономичность, остаются пока еще наиболее массовыми и освоенными в производстве источниками света. Широкому распространению этих ламп способствуют большая простота и удобство в обращении и эксплуатации, относительно низкая стоимость и относительно малые начальные затраты при применении их в осветительных установках.

Существенным прогрессом в развитии ламп накаливания явилось использование в них галогидного цикла. При введении в колбу лампы специальной конструкции помимо инертного газа незначительного количества чистого йода его пары, образующиеся при работе лампы, входят в химическое взаимодействие с частицами вольфрама, осаждающимися на стенках колбы, образуя газообразное соединение — йодид вольфрама, которое, попадая в зону высоких температур вблизи нити накала, распадается снова на вольфрам и йод. Вольфрам остается на нити накала, а частицы йода возвращаются к колбе и вновь принимают участие в цикле.

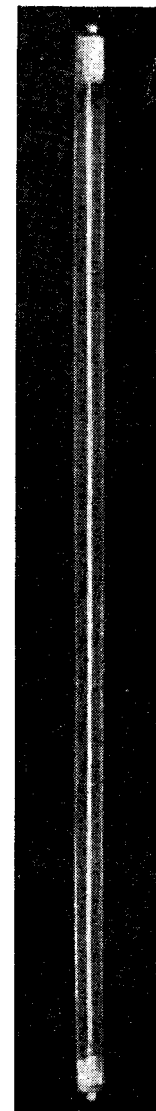


Рис. 2-3. Галогидная лампа накаливания.

Для правильного протекания галлоидного цикла необходимо, чтобы стенки колбы имели температуру 500—700°С, а нить накала — более 2500°С.

Колба галлоидной лампы (рис. 2-3) изготавливается из кварцевого стекла, имеющего высокую температуру плавления. Для поддержания высокой и равномерной температуры стенок колбы нить накала должна располагаться на одинаковом и сравнительно близком от них расстоянии. Этим объясняются форма тонкого цилиндра (диаметр 10—12 мм), принятая для колбы лампы, и расположение нити накала строго по оси колбы. Спиральная нить накала, электроды, подводящие ток к нити, а также держатели нити накала изготавливаются из вольфрама. Лампы наполняются хорошо очищенным инертным газом (аргоном, ксеноном или криптоном) до давления $(5-10) \cdot 10^5$ Па для уменьшения скорости испарения вольфрама и предотвращения дугообразования.

Кварцевые лампы накаливания с вольфрамово-галлоидным циклом (йодные лампы) имеют следующие существенно важные преимущества перед лампами накаливания общего назначения: световой поток йодной лампы к концу срока службы уменьшается на 3—4% против 15—20% для ламп общего назначения; срок службы ламп вдвое выше; спектральный состав излучения более близок к естественному; световая отдача на 15—20% больше; размеры ламп значительно меньше, что позволяет существенно уменьшить габариты и массу осветительных приборов.

Йодные лампы отличаются высокой механической прочностью и нагревостойкостью. Работающие лампы выдерживают большое внутреннее давление газов и без последствий выносят обливание холодной водой.

Отечественной промышленностью выпускаются галлоидные лампы напряжением 220 В мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт со световой отдачей 22 лм/Вт и средним сроком службы 2000 ч. Заканчивается разработка и подготовка выпуска ламп 5, 10 и 20 кВт.

Лампы могут работать только в горизонтальном положении с допусаемым отклонением до 4°.

2-3. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Поиски источников света более экономичных, нежели лампы накаливания, привели к созданию большой группы газоразрядных ламп, в которых видимое излучение

создается электрическим разрядом в газах или парах металлов.

В отличие от излучения ламп накаливания, воспринимаемого нами как «белый» свет, электрический разряд в газах (парах металлов) создает в большинстве случаев видимое излучение той или другой цветности. Всем известно синее, золотисто-розовое, зеленовато-голубое свечение вывесок магазинов, витрин, надписей и световых реклам, выполненных при помощи газоразрядных ламп. Эти лампы искажают цвета освещаемых предметов, мешают правильному восприятию их, а потому малопригодны для целей освещения.

Создать приемлемые для освещения источники света, обладающие излучением любой цветности, высокой отдачей и сроком службы, позволило сочетание электрического разряда в парах ртути и люминофоров (порошкообразных кристаллических светосоставов). Такими источниками света, получившими широкое применение в осветительных установках, являются трубчатые люминесцентные лампы низкого давления и дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления с исправленной цветностью (ДРЛ).

Люминесцентная лампа низкого давления изображена на рис. 2-4. Лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, на внутреннюю поверхность которой нанесен тонкий равномерный слой люминофора. В торцы трубки впаяны вольфрамовые биспиральные электроды, покрытые активным слоем¹ и присоединенные к штырькам специальных цоколей на концах лампы. Внутри лампы после откачки воздуха вводятся незначительное количество чистого аргона и дозированная капля ртути, которая при работе лампы испаряется.

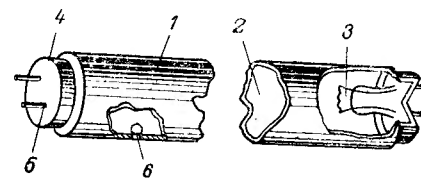


Рис. 2-4. Люминесцентная лампа.
1 — колба; 2 — люминофор; 3 — электрод;
4 — цоколь; 5 — штырь; 6 — ртуть.

¹ В качестве активного слоя, повышающего активность излучения электродов электродами лампы, применяются окислы щелочных металлов: стронция, бария и кальция.

Под действием напряжения, приложенного к предварительно разогретым электродам лампы, возникает электрический разряд в парах ртути с интенсивным ультрафиолетовым излучением. Под воздействием невидимых ультрафиолетовых лучей люминофор излучает видимый свет той или другой цветности, зависящей от состава люминофора.

Отечественной промышленностью по ГОСТ 6825-70 выпускаются люминесцентные лампы пяти основных типов по цветности излучаемого ими светового потока: дневного света (ЛД), дневного света правильной цветопередачи (ЛДЦ), холодно-белого света (ЛХБ), белого света (ЛБ) и тепло-белого света (ЛТБ) мощностью 15, 20, 30, 40, 65 и 80 Вт со средней продолжительностью горения 10 000 ч и номинальной световой отдачей от 47 до 75 лм/Вт для ламп разной мощности типа ЛБ. Световая отдача ламп типов ЛД, ЛХБ и ЛТБ несколько ниже, а ламп ЛДЦ — значительно ниже, чем у ламп типа ЛБ. По этой причине применение ламп ЛДЦ в осветительных установках должно быть во всех случаях обосновано необходимостью обеспечения правильной цветопередачи.

Лампы ЛБ благодаря их высокой световой отдаче применяются во всех случаях, когда к качеству цветопередачи не предъявляется особых требований. Замена ламп ЛБ, предусмотренных в осветительной установке, лампами иной цветности и в особенности лампами ЛДЦ влечет за собой значительное снижение освещенности.

Кроме указанных выше выпускаются малогабаритные лампы белого света мощностью 4, 6, 8 и 13 Вт со средней продолжительностью горения 2000 ч и световой отдачей соответственно 22,5; 30; 45 и 42 лм/Вт, фигурные люминесцентные лампы: кольцевые, U-образные и W-образные, цветные (красные, розовые, желтые, зеленые и голубые) люминесцентные лампы, рефлекторные лампы мощностью 40 и 80 Вт. Рефлекторные лампы имеют на внутренней поверхности колбы (угол примерно 230°), под слоем люминофора диффузно отражающий слой, направляющий световой поток в нижнюю полусферу через часть колбы, покрытую только люминофором. Несмотря на то что световой поток этих ламп на 10—15% меньше светового потока ламп той же мощности, не имеющих отражающего слоя, применение их в пыльных помещениях весьма целесообразно.

На срок службы и световые параметры люминесцентных ламп влияют условия их эксплуатации. Лампы рассчитаны таким образом, что оптимальным условиям их работы соответствует температура 18—25°С. При отклонениях температуры за пределы этого диапазона световой поток и световая отдача ламп уменьшаются. Понижение температуры приводит, кроме того, к ухудшению условий зажигания лампы и к уменьшению ее срока службы. При температурах, близких к 0°С, лампы, работающие в обычных схемах, иногда вообще перестают зажигаться.

На работе люминесцентных ламп отрицательно сказываются колебания напряжения питающей сети. Малые колебания напряжения мало влияют на световые характеристики ламп. Одному проценту снижения напряжения соответствует снижение светового потока примерно на один процент. При значительном понижении напряжения резко ухудшаются условия зажигания: лампы при включении либо вообще не зажигаются, либо зажигание предваряется длительным миганием. Срок службы ламп при этом резко сокращается. Повышение напряжения нарушает тепловой режим лампы, что влечет за собой уменьшение ее световойдачи и вызывает перекал электродов и перегрев пускорегулирующих аппаратов. Люминесцентные лампы не следует применять в сетях, в которых возможны частые и глубокие колебания напряжения.

На срок службы ламп сильно влияет также частота включений. Чем реже включается лампа, тем меньше изнашивается активный слой электродов и тем больше ее срок службы.

На рис. 2-5 изображена лампа ДРЛ. Она состоит из

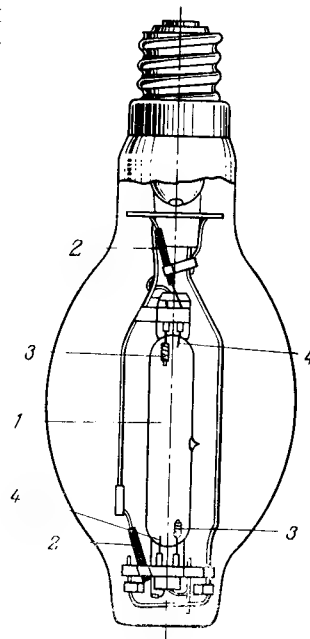


Рис. 2-5. Лампа ДРЛ.
1 — кварцевая горелка; 2 — резистор; 3 — основной электрод; 4 — дополнительный электрод.

прямой кварцевой трубки (горелки), смонтированной в стеклянном баллоне, стенки которого изнутри покрыты люминофором. Внутри горелки находятся дозированная капелька ртути и газ аргон; в торцы ее впаяны вольфрамовые активированные электроды. Лампа имеет резбовый цоколь.

Электрический разряд в парах ртути высокого давления ($5 \cdot 10^5$ — 10^6 Па), возникающий в лампе под действием приложенного к ней напряжения, сопровождается интенсивным излучением света, в спектре которого почти полностью отсутствуют оранжево-красные лучи. Этот недостаток устраняется люминофором, покрывающим внутреннюю стенку баллона и подобранным таким образом, что он под действием ультрафиолетовых лучей разряда излучает свет оранжево-красного цвета. Смешиваясь с основным световым потоком лампы, он исправляет его цветность и делает лампу пригодной для целей освещения.

Лампы выпускаются по ГОСТ 16354-70 мощностью 80, 125, 250, 400, 700 и 1000 Вт для включения в сеть переменного тока напряжением 220 В. Световая отдача ламп находится в пределах 40—55 лм/Вт. Средний срок службы 10 000 ч. Таким образом, по экономичности лампы ДРЛ несколько уступают люминесцентным лампам. Достоинством их является значительная единичная мощность.

На напряжение зажигания ламп ДРЛ влияет температура окружающей среды. При понижении температуры напряжение зажигания повышается. Другие параметры ламп меняются в зависимости от температуры мало.

Разработана лампа мощностью 2000 Вт со световым потоком 120 000 лм и сроком службы 4000 ч для включения в сеть переменного тока 380 В.

Общим недостатком люминесцентных ламп и ламп ДРЛ, включенных в сеть переменного тока, являются периодические изменения (пульсации) их светового потока во времени с частотой, равной удвоенной частоте тока. Благодаря зрительной инерции глаз не в состоянии заметить это непрерывное мелькание света. Однако в ряде случаев пульсация светового потока может явиться причиной ложного искаженного восприятия движущихся предметов — стробоскопического эффекта. Вращающаяся с некоторой скоростью деталь, освещенная люминесцентной лампой или лампой ДРЛ,

включенными в сеть переменного тока, может показаться неподвижной или даже медленно вращающейся в противоположную сторону; плавно перемещающийся предмет может казаться движущимся скачкообразно. Это крайне нежелательное и даже опасное явление исправляется включением ламп в разные фазы трехфазной сети или же при помощи специальных схем включения.

Помимо люминесцентных ламп и ламп ДРЛ, широко применяемых в разного рода осветительных установках, практическое применение, правда, по разным причинам ограниченное, имеют лампы ДРШ, натриевые и ксеноновые.

Шаровые ртутные лампы с короткой дугой (ДРШ) применяются в прожекторах типа ПФР для освещения фасадов зданий, памятников, монументов. Лампа представляет собой толстостенную колбу из награвостойкого кварцевого стекла шаровой формы, в которую впаяны два активированных вольфрамовых электрода и зажигающий электрод. Лампа наполнена строго дозированным количеством ртути и инертным газом.

Натриевые лампы низкого давления имеют световую отдачу, превышающую 100 лм/Вт. Однако излучаемый ими желтый свет делает их непригодными для общего освещения. Натриевые лампы применяются для освещения автострад, перекрестков улиц с целью их выделения, а также для декоративного освещения. Изготавливаются мощностью 85 и 140 Вт.

Ксеноновые лампы благодаря большой единичной мощности используются для освещения глубоких карьеров и отвалов, больших строительных площадок, городских площадей и др. и обеспечивают при этом значительную экономию средств и материалов.

Спектральный состав излучения света ксеноновых ламп наиболее близок к солнечному, что делает эти источники света особенно благоприятными при необходимости обеспечения правильной цветопередачи.

Существенным достоинством отечественных ксеноновых ламп мощностью 5, 10, 20 и 50 кВт является то, что они могут включаться в сеть переменного тока без балластного резистора.

Световые отдачи ламп указанных выше мощностей составляют соответственно 19,6; 22; 30 и 36 лм/Вт, а

срок службы, гарантируемый заводами-изготовителями, от 300 до 1200 ч, но фактически лампы горят до 2000 ч.

Зажигание ксеноновых ламп осуществляется с помощью зажигающего устройства, создающего высоковольтные высокочастотные импульсы напряжения на электродах лампы, под действием которых пробивается разрядный промежуток и лампа зажигается, после чего работа лампы продолжается от сетевого напряжения.

В настоящее время ведется и заканчивается разработка дуговых ртутных ламп высокого давления (ДРИ), отличающихся от уже известных нам ламп ДРЛ добавками йодидов некоторых металлов. Эти лампы отличаются от ламп ДРЛ большей световой отдачей и лучшими цветовыми характеристиками, но пока еще значительно меньшим сроком службы. Так, разработанная лампа ДРИ мощностью 700 Вт имеет световую отдачу 70 лм/Вт и срок службы около 2000 ч.

Намечена разработка таких ламп мощностью 250, 400, 700 и 2000 Вт. В дальнейшем предполагается значительное увеличение срока их службы.

Заканчивается разработка натриевой лампы высокого давления 400 Вт. Эта лампа отличается хорошим спектральным составом излучения и высокой световой отдачей (около 100 лм/Вт). Намечена разработка таких ламп мощностью 250, 400, 700 и 1000 Вт.

2-4. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП И ЛАМП ДРЛ

Люминесцентные лампы и лампы ДРЛ могут включаться в электрическую сеть только последовательно с балластным резистором, ограничивающим ток в лампе и обеспечивающим устойчивый режим горения. В сетях переменного тока в качестве балластного резистора используется дроссель или конденсатор.

Для уменьшения напряжения зажигания люминесцентной лампы ее электроды предварительно нагревают до температуры 800—900°С. Нагрев электродов осуществляется с помощью стартера в схемах стартерного зажигания и с помощью накальных трансформаторов в бесстартерных схемах.

Простейшая схема стартерного зажигания отдельной люминесцентной лампы, включенной в сеть переменного тока, приведена на рис. 2-6.

Стартер (рис. 2-7) представляет собой миниатюрную газоразрядную неоновую лампу тлеющего разряда, стеклянная колба которой находится в пластмассовом или металлическом корпусе. В стартере имеются два электрода, из которых один неподвижный, а другой биметаллический — подвижный.

При подаче на стартер полного напряжения сети между его электродами возникает тлеющий разряд. Тепло, выделяющееся при разряде, нагревает биметаллический электрод, который, изгибаясь, замыкается с другим электродом стартера. Через образовавшуюся электрическую цепь протекает ток, необходимый для предварительного подогрева электродов лампы. В это время разряда в стартере нет, биметаллический электрод остывает, разгибается и разрывает цепь тока.

Возникающий при размыкании цепи импульс повышенного напряжения в обмотке дросселя зажигает лампу. При возникновении разряда в лампе напряжение на ней

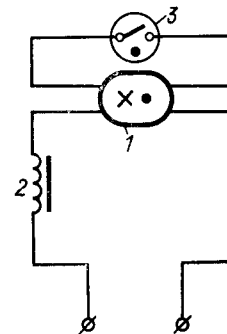


Рис. 2-6. Стартерная схема зажигания люминесцентной лампы.

1 — лампа; 2 — дроссель; 3 — стартер.

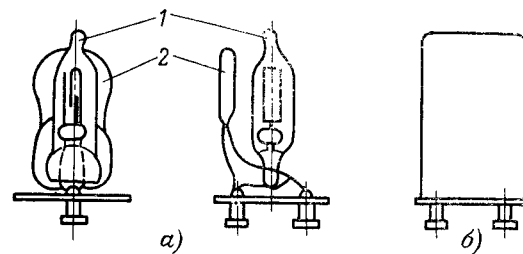


Рис. 2-7. Стартер тлеющего разряда.

а — внутреннее устройство стартера; 1 — стартер; 2 — конденсатор; б — внешний вид стартера.

падает примерно до половины напряжения сети. Это напряжение на электродах включенного параллельно горячей лампе стартера оказывается недостаточным для воз-

никновения вновь тлеющего разряда в стартере¹, который при горении лампы в работе схемы не участвует. При работе лампы подогрев ее электродов происходит рабочим током. В тех случаях, когда по той или иной причине лампа не зажглась после разрыва электродов стартера, последний получает снова полное напряжение сети и процесс зажигания повторяется².

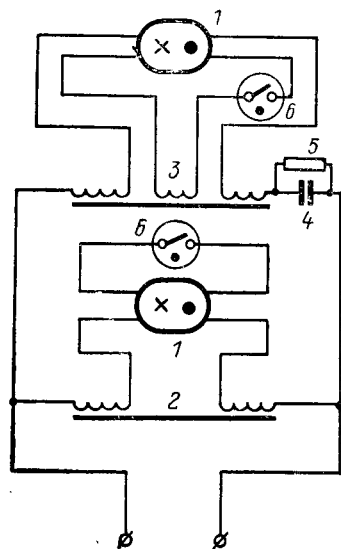


Рис. 2-8. Двухламповая стартерная схема включения люминесцентных ламп.

1 — лампа; 2, 3 — дроссель; 4 — конденсатор; 5 — разрядный резистор; 6 — стартер.

Описанная схема включения отдельной люминесцентной лампы имеет следующие недостатки, ограничивающие область ее применения.

1. Индуктивное сопротивление в схеме понижает коэффициент мощности ($\cos \varphi$) до 0,5.

2. Необходимое уменьшение пульсации светового потока лампы, следствием которой является стробоскопический эффект, возможно лишь путем включения соседних ламп в разные фазы трехфазной сети, что в ряде случаев излишне усложняет и удорожает электрическую сеть.

3. Могут возникать недопустимо высокие помехи радиоприему, создаваемые горячей лампой.

Комплексное устройство, обеспечивающее зажигание и нормальную работу лампы, повышение коэффициента мощности, подавление радиопомех и уменьшение пульсации светового потока, носит

¹ Напряжение зажигания тлеющего разряда в стартере выбирается так, чтобы оно было ниже номинального напряжения электрической сети, но выше рабочего напряжения на лампе при ее горении.

² Снижение уровня радиопомех, возникающих при контактировании электродов стартера и генерируемых лампой, осуществляется встроенным в корпус стартера керамическим конденсатором, включенным параллельно электродам стартера (рис. 2-7).

название пускорегулирующего аппарата (ПРА).

В настоящее время в осветительных установках широко применяются двухламповые стартерные ПРА по схеме с расщепленной фазой типа 2УБК, электрическая схема которого изображена на рис. 2-8. Одна лампа включается через обычный дроссель, вторая — через дроссель меньшей индуктивности, включенный последовательно с конденсатором. Ток первой лампы по фазе отстает от напряжения, а ток второй лампы опережает напряжение. По этой причине периодические изменения световых потоков обеих ламп смещаются во времени и суммарный световой поток ламп становится почти постоянным.

Коэффициент мощности такой схемы 0,92. Двухламповая схема является компенсированной, и в этом состоит ее второе преимущество по сравнению с одноламповой, где для повышения коэффициента мощности приходится дополнительно включать емкость.

Из общего количества выпускаемых в стране ПРА свыше 80% приходится на долю стартерных.

Бесстартерные ПРА выпускаются с индуктивными и емкостными балластами для люминесцентных ламп мощностью 40, 65 и 80 Вт. Подогрев электродов ламп с

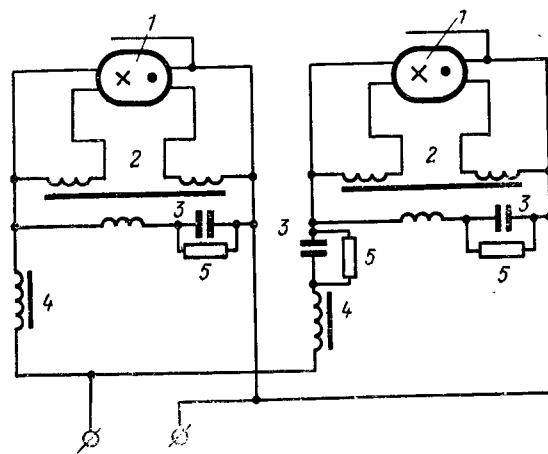


Рис. 2-9. Двухламповая бесстартерная схема включения люминесцентных ламп.

1 — лампа; 2 — накальный трансформатор; 3 — конденсатор; 4 — дроссель; 5 — разрядный резистор.

целью снижения напряжения зажигания производится с помощью накальных трансформаторов. Снижению напряжения зажигания способствует также применение в бесстартерных схемах люминесцентных ламп электропроводящей полосы, присоединенной к одному из электродов.

На рис. 2-9 показана двухламповая бесстартерная схема включения люминесцентных ламп. В схему включаются попарно индуктивный и емкостный балласты. Благодаря этому суммарный световой поток ламп имеет незначительную пульсацию, а коэффициент мощности схемы повышается до 0,92. Как видно из схемы, при горении лампы через ее электроды постоянно проходит ток подогрева, вызывающий дополнительную потерю мощности.

Схема включения ламп ДРЛ показана на рис. 2-10. В схему последовательно с лампой включается балластный резистор-дроссель. Коэффициент мощности схемы 0,5. Такие схемы обеспечивают зажигание и нормальную работу ламп ДРЛ при напряжении зажигания, не превышающем номинального напряжения сети.

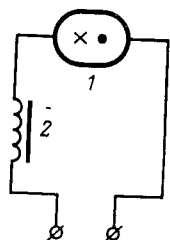


Рис. 2-10. Схема включения лампы ДРЛ.
1 — лампа; 2 — дроссель.

После зажигания ламп ДРЛ их световой поток постепенно возрастает и достигает установившегося значения только через 10—15 мин. Повторное зажигание горевшей и выключенной лампы ДРЛ происходит не сразу, а спустя 10—20 мин, необходимых для охлаждения ламп.

В ПРА газоразрядных ламп при работе схемы происходят потери мощности, составляющие в среднем 20% номинальной мощности люминесцентных ламп в стартерных схемах и 35—40% в бесстартерных и 10% номинальной мощности ламп ДРЛ.

Вопросы для проверки

1. Какие Вы знаете газоразрядные источники света, применяемые в осветительных установках?
2. Расскажите о конструкции и принципе действия йодных ламп накаливания, люминесцентных ламп и ламп ДРЛ.
3. Какие типы (по мощности и цветности излучения) люминесцентных ламп выпускаются промышленностью?
4. Что такое рефлекторная люминесцентная лампа?

5. Как отражаются на сроке службы и световых характеристиках ламп условия эксплуатации?

6. Какова конструкция лампы ДРЛ?

7. Что такое стробоскопический эффект?

8. Какие Вы знаете схемы включения люминесцентных ламп?

9. Каков принцип действия стартерной схемы включения люминесцентной лампы?

10. Что такое стартер?

11. Что такое ПРА? Нарисуйте схему включения двух люминесцентных ламп с помощью ПРА типа 2УБК и объясните принцип действия.

12. Какие Вы знаете бесстартерные аппараты для включения люминесцентных ламп?

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

3-1. СВЕТИЛЬНИКИ И ПРОЖЕКТОРЫ

Световой поток большинства источников света распределяется в пространстве достаточно равномерно.

Для рационального освещения помещения или открытого пространства требуется обычно распределить световой поток источника света вполне определенным образом: направить его вниз (в нижнюю полусферу) или вверх (в верхнюю полусферу), в одних случаях распределить его более или менее равномерно на большой площади, в других — сконцентрировать на небольшом участке (рабочем месте) и т. д. Для такого перераспределения светового потока применяют осветительные приборы.

Светильники являются осветительными приборами ближнего действия, служащими для освещения объектов, находящихся на небольшом расстоянии.

Прожектор в отличие от светильника является осветительным прибором дальнего действия и используется для освещения удаленных объектов.

Светильник состоит из источника света и осветительной арматуры. Главным назначением осветительной арматуры является перераспределение светового потока источника света. Однако этим не исчерпывается ее роль. Осветительная арматура выполняет и другие важные функции: предохраняет зрение работающих от

чрезмерной яркости источников света, защищает лампу от механических повреждений, защищает полости расположения источника света и патрона от воздействия окружающей среды, служит для крепления источника света, проводов, пускорегулирующих аппаратов (для газоразрядных источников).

В общем случае осветительная арматура и прожекторы состоят из корпуса, оптической системы, ламподержателей (патронов), пускорегулирующих аппаратов, проводов коммутации электрической схемы и конструктивных узлов, обеспечивающих крепление отдельных деталей и самих арматуры и прожектора.

Оптические системы осветительных приборов предназначены для перераспределения в нужных направлениях световых потоков источников света. Элементами оптических систем являются: отражатели, преломлятели, рассеиватели, защитные стекла, экранирующие решетки и кольца.

Отражатели перераспределяют световой поток лампы по известным уже нам законам отражения света. В зависимости от характера отражения отражатели могут быть диффузными, матовыми (направленно-рассеивающими) или зеркальными. Зеркальные отражатели позволяют получить разнообразные кривые силы света и, в частности, концентрировать световые потоки в пределах небольших телесных углов. Такие отражатели параболической формы, в фокусе которых устанавливается лампа, используются обычно в прожекторах. Диффузные и направленно-рассеивающие отражатели используются для получения более широкого распределения светового потока.

Наиболее часто применяемым материалом отражателей является металл: сталь или алюминий. Путем соответствующей обработки поверхности металла получают зеркальные, диффузные и матовые отражатели. Для получения зеркальных отражателей применяются азотирование, алюминирование в вакууме, хромирование и другие технологические процессы. Метод термохимического обжаривания алюминия позволяет получить отражатели с различной степенью рассеяния. Для создания диффузных отражателей большое применение находят покрытия металла различными светотехническими эмалями. Одним из основных требований к отражателям яв-

ляется высокий коэффициент отражения. Лучшие образцы отражателей имеют $\rho = 0,8 \div 0,9$.

Рассеиватели перераспределяют световой поток лампы на основе законов рассеянного пропускания. Различают диффузные, матовые и матированные рассеиватели. Два последних обладают направленно-рассеянным пропусканием; у матированных рассеивающая способность меньше, чем у матовых. Материалом для рассеивателей светильников с лампами накаливания и ДРЛ являются молочное, опаловое или матированное силикатные стекла. Рассеиватели для светильников с люминесцентными лампами изготавливаются, как правило, из молочного и опалового органических стекол, полиэтилена, поливинилхлорида и других пластмасс. Через матовое стекло хорошо просматривается нить лампы накаливания или колба люминесцентной лампы. Если хотя бы получить светящую поверхность равномерной яркости, используют молочное или опаловое стекло. Коэффициент пропускания рассеивателей 0,4—0,85. Недостатком рассеивателей из большинства пластмасс являются их хрупкость и невысокая твердость.

Преломлятель перераспределяет световой поток по законам преломления света. Призматические и линзовые элементы изготавливаются из прозрачных пластмасс и силикатного стекла.

Во многих светильниках и прожекторах световой поток источника света, отразившись от отражателя, перераспределяется с помощью рассеивателя или преломлятеля. Отдельные типы светильников могут не иметь отражателя или рассеивателя.

Для защиты источника света от воздействия среды применяются прозрачные защитные стекла разнообразной формы: плоские, изогнутые, колпакообразные. Если защитное стекло обладает рассеивающим действием (например, матировано), то оно одновременно служит и рассеивателем.

Другим важным назначением отражателя и рассеивателя является ограничение слепящего действия источника света¹. Современные источники света обладают высокими яркостями. Попадая в поле зрения, они вызывают уменьшение видимости и работоспособности глаза, слепят наблюдателя, т. е. обладают слепя-

¹ Подробнее см. § 4-3.

щим действием. Слепящее действие источника определяется не только его яркостью, но также и его размером. Поэтому даже люминесцентные лампы, яркость которых относительно невелика, оказывают слепящее действие.

Рассеиватели с различными коэффициентами пропускания снижают видимую яркость источника света и сильно освещенных частей отражателя, тем самым ограничивая их слепящее действие.

В светильниках с отражателями без рассеивателей слепящее действие ограничивается защитными углами отражателей. Защитным углом светильника называется угол, характеризующий зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия лампы. Обычно защитный угол светильника определяется углом, заключенным между горизонталью и линией, касательной к светящему телу лампы и краю отражателя или непрозрачного экрана. Рисунок 3-1 иллюстрирует это оп-

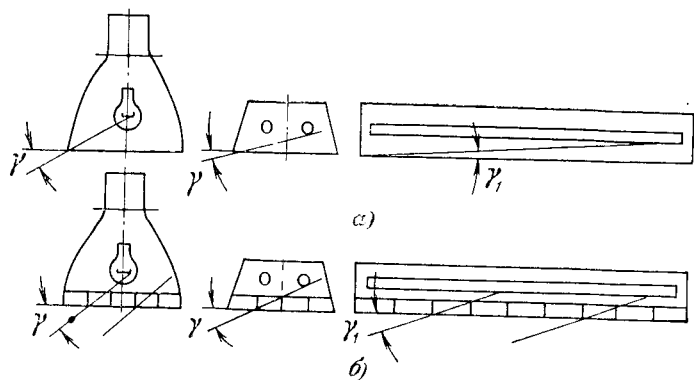


Рис. 3-1. Защитные углы светильников.

а — без экранирующих решеток; б — с экранирующими решетками.

ределение для различных светильников (слева — светильники с лампами накаливания, справа — с люминесцентными).

Удлиненная форма светильников с люминесцентными лампами является причиной различия защитных углов светильника в продольной (вдоль лампы) и поперечной плоскостях. В поперечной плоскости он обычно значительно выше. Для получения необходимого защитного угла и в продольной плоскости применяют экранирую-

щие решетки, позволяющие создать необходимые защитные углы без увеличения габаритов светильника. Экранирующие решетки изготавливаются из металла, покрытого эмалью, или пластмассы (органического стекла, полистирола и др.).

Чем больше защитный угол светильников, установленных в помещении или на открытом пространстве, тем меньшее количество источников света попадает в поле зрения наблюдателя и, следовательно, тем меньше вызываемое ими суммарное слепящее действие.

Стандарты устанавливают наименьшее значение защитного угла 15° для светильников с лампами накаливания, ртутными и люминесцентными лампами.

В последние годы весьма широкое распространение в ряде промышленных предприятий и общественных зданий получают совмещенные системы освещения и кондиционирования воздуха. В таких системах используют встроенные в потолки люминесцентные светильники специальной конструкции, присоединяемые к воздуховодам систем приточной или вытяжной вентиляции (иногда к тем и другим системам одновременно). Подача воздуха в помещение либо удаление воздуха из него производится в этих случаях через приставные или стационарные воздухораспределительные камеры, являющиеся конструктивной частью светильника.

В зависимости от схемы использования совмещенных систем освещения и вентиляции помещения в холодное время года нагреваются теплом, выделяемым светильниками, либо избыточное тепло светильников в теплое время года удаляется, лампы охлаждаются, вследствие чего увеличивается их световой поток. Охлаждение может производиться не только воздухом, но и водой, проходящей по трубкам, заделанным в отражателе светильника.

Технико-экономические расчеты показывают значительную эффективность совмещенных систем. При их использовании также улучшается внешний вид помещений из-за отсутствия в потолках воздухораспределительных плафонов и вентиляционных решеток.

Важной характеристикой экономичности светильника служит к. п. д.

Перераспределение светового потока источника света связано с известными его потерями на поглощение в отражателе, рассеивателе и конструктивных частях светильника. Потери приводят к тому, что вышедший из

светильника световой поток оказывается меньшим, чем световой поток источника света. Отношение этих световых потоков определяет к. п. д. светильника:

$$\eta_{\text{св}} = F_{\text{св}} / F_{\text{л}},$$

где $F_{\text{св}}$ — световой поток светильника, лм; $F_{\text{л}}$ — световой поток лампы, лм.

Если в светильнике размещается несколько ламп, то $F_{\text{л}}$ — сумма потоков всех ламп.

Коэффициент полезного действия светильника зависит в основном от светотехнических характеристик материалов, из которых он изготовлен. Повышение коэффициента отражения отражателя и коэффициента пропускания рассеивателя увеличивает к. п. д. Зеркальные светильники в общем случае обладают более высоким к. п. д., чем диффузные. На к. п. д. оказывает влияние и конструкция светильника: наличие рассеивателя и решеток, степень уплотнения, защитный угол (чем защитный угол больше, тем меньше к. п. д.).

Лучшие образцы светильников в зависимости от конструкции имеют $\eta_{\text{св}} = 0,7 \div 0,85$.

3-2. КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ

Светильники могут классифицироваться по ряду признаков: характеру светораспределения, форме кривой силы света, типу источника, способу установки, целевому назначению, по защите от воздействия внешней среды и т. д. Классификация светильников по указанным

Таблица 3-1

Классификация светильников по светораспределению (ГОСТ 13828-74)

Обозначение классов	Наименование классов светильников	Доля светового потока, направляемого в нижнюю полусферу, от всего потока светильника, %
П	Прямого света	>80
Н	Преимущественно прямого света	>60, но ≤80
Р	Рассеянного света	>40, но ≤60
В	Преимущественно отраженного света	>20, но ≤40
О	Отраженного света	20 и менее

признакам предусмотрена в ГОСТ 13828-74 «Светильники. Виды и обозначения».

В основу светотехнической классификации положено светораспределение светильников. В зависимости от того, как распределяется световой поток светильников между нижней и верхней полусферами пространства, они делятся на следующие классы: прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света.

В табл. 3-1 приведена классификация светильников по светораспределению, а на рис. 3-2 показаны их примерные кривые силы света.

По форме кривой силы света в любой из полусфер различают светильники с концентрированной — К, глубокой — Г, косинусной — Д, полуширокой — Л, широкой — Ш, равномерной — М и синусной — С типами кривых сил света. На рис. 3-3 приведены характерные формы кривых сил света в нижней полусфере.

В ГОСТ 13828-74 принята следующая весьма условная классификация светильников по целевому назначению: для помещений промышленных предприятий (обозначаются буквой П), общего применения для помещений с нормальной средой промпредприятий и общественных зданий (О), для жилых (бытовых) помещений (Б), для рудников и шахт (Р), для наружного освещения (У).

По способу установки светильники делятся на подвесные — С (подвесной светильник с числом ламп более двух называют люстрой — Л), потолочные — П, настенные — Б, встраиваемые в потолок — В, напольные — Т, настольные — Н, консольные — К, ручные сетевые — Р или аккумуляторные — Ф, головные — Г и пристраиваемые

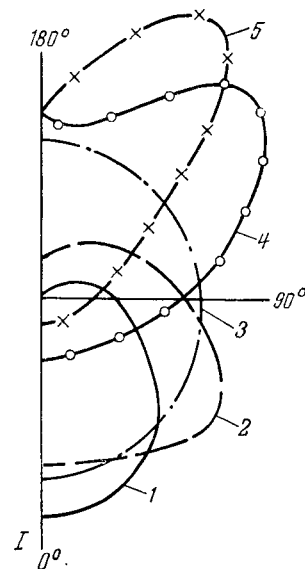


Рис. 3-2. Примерные кривые силы света светильников, характеризующие их светораспределение.

1 — прямого света; 2 — преимущественно прямого света; 3 — рассеянного света; 4 — преимущественно отраженного света; 5 — отраженного света.

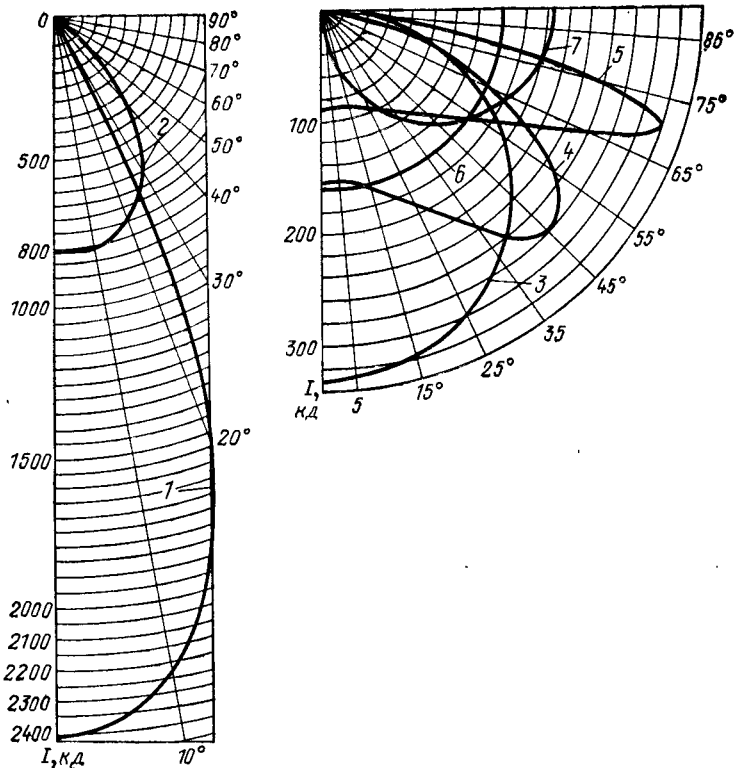


Рис. 3-3. Типы кривых силы света (для условной лампы 1000 лм).

1 — концентрированная; 2 — глубокая; 3 — косинусная; 4 — полуширокая; 5 — широкая; 6 — равномерная; 7 — синусная.

мые — Д. Встраиваемые в потолок светильники разделяются на обслуживаемые снизу (с пола) и сверху (с чердака или технического этажа).

По степени защиты оболочек светильников от пыли, воды и прикосновения к токоведущим частям светильники должны соответствовать требованиям ГОСТ 13828-74 «Светильники. Виды и обозначения», ГОСТ 14254-69 «Электрическое оборудование напряжением до 1000 В. Оболочки. Степени защиты» и ГОСТ 18311-72 «Электрооборудование. Основные понятия. Термины и определения».

По степени защиты от взрыва различают светильники повышенной надежности против взры-

ва и взрывонепроницаемые. Создание того или иного уровня взрывозащиты достигается разнообразными методами. Так, в светильниках повышенной надежности против взрыва предусмотрены меры, затрудняющие возникновение опасных искр, электрических дуг и нагрева и обеспечивающие взрывозащиту светильников в режиме их нормальной работы.

Взрывонепроницаемый светильник имеет защитное стекло и оболочку, выдерживающие взрыв, происходящий внутри светильника, и предотвращающие выброс горячих продуктов взрыва в помещение при воспламенении смеси внутри оболочки.

Каждому типу светильника присваивается шифр. Первая часть шифра состоит из трех букв, обозначающих источник света (лампы накаливания общего назначения — Н, лампы-светильники с внутренним зеркальным или диффузным отражающим покрытием — С, кварцевые галогенные лампы накаливания — И, люминесцентные лампы прямые — Л, фигурные — Ф, лампы ДРЛ — Р, ДРИ — Г и т. д.), способ установки и основное назначение (буквы, обозначающие последние два признака, приведены выше). Далее указываются номер серии, число и мощность (в ваттах) ламп в светильнике (для одноламповых светильников число ламп не указывается), номер модификации и обозначение климатического исполнения (для районов с умеренным климатом — У, с тропическим — Т) и категории размещения светильника (для закрытых отапливаемых помещений — 4, неотапливаемых — 3, для наружной установки — 2).

Например, шифр НСПОЗ-60-002-УЗ обозначает светильник для лампы накаливания, подвесной, для предприятий, серии 03, на одну лампу 60 Вт, модификации 002, для помещений неотапливаемых, в районах умеренного климата.

Наряду с шифром светильникам могут присваиваться имена собственные, например «Глубокоизлучатель», «Универсаль», «Астра», «Лира» и т. п.

Вопросы для проверки

1. Что такое светильник и прожектор?
2. Каково назначение осветительной арматуры?
3. Какова роль отражателя и рассеивателя в осветительной арматуре?
4. Что такое защитный угол и какова его роль в светильнике?
5. В чем сущность совмещенных систем освещения и кондиционирования воздуха?

6. Что такое к. п. д. светильника?

7. Перечислите исполнения светильников по способам установк

8. Составьте шифр светильника, имеющего следующие характеристики: потолочный общего применения с двумя люминесцентными лампами по 40 Вт, серии 15, модификации 008, для отапливаемых помещений районов с умеренным климатом (ответ ЛПО15-2×40-008-У4).

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ОБ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

4-1. СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Различают три системы освещения: общее, местное и комбинированное.

Система общего освещения применяется для всех помещений. Общее освещение может быть равномерным, когда по всему помещению или на его части должна создаваться одинаковая освещенность, или локализованным, когда в разных зонах помещения создаются разные освещенности.

Общее равномерное освещение применяется в производственных помещениях, на всей площади которых выполняются однотипные работы (сборочные цехи крупных машин, литейные цехи и т. д.). Равномерная освещенность достигается, как правило, равномерным размещением светильников в помещении. Эта же система освещения применяется для большинства общественных, вспомогательно-бытовых и других помещений.

Общее локализованное освещение предусматривается в помещениях, в которых на различных участках производятся работы, требующие различной освещенности, когда рабочие места в помещении сосредоточены группами, а также при необходимости создания определенного направления света для групп рабочих мест. Сюда относятся цехи с выделенными складскими и сборочными участками, с отдельными группами станков, конвейеров и т. д. Светильники в таких помещениях обычно расположены неравномерно.

Местное освещение предусматривается на отдельных рабочих местах (станках, разметочных плитах, верста-

ках и др.) и выполняется светильниками, установленными непосредственно у рабочих мест. Светильниками местного освещения комплектуется большинство металлообрабатывающих, текстильных и многих других станков.

Для ремонтных работ используются переносные светильники местного освещения — ручные переносные лампы.

Системы местного и общего освещения в помещениях применяются, как правило, совместно, образуя систему комбинированного освещения. Эта система освещения применяется в помещениях, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение системы только одного местного освещения запрещается. При устройстве комбинированного освещения требуется, чтобы светильниками общего освещения создавалась освещенность не менее 10% нормируемой на рабочем месте.

С помощью светильников местного освещения возможно при относительно небольшом расходе электроэнергии создание значительных освещенностей на рабочих местах. Поэтому система комбинированного освещения значительно экономичнее системы общего освещения.

4-2. ВИДЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Различаются два вида освещения: рабочее и аварийное.

Аварийное погасание света влечет за собой прекращение работ в помещении, порчу материалов и оборудования и может быть причиной несчастных случаев. Поэтому кроме рабочего освещения, обеспечивающего необходимые условия для работы, в некоторых помещениях, а иногда и при работах на открытом воздухе устраивается еще и аварийное освещение.

Аварийное освещение может быть двух родов: для эвакуации и для продолжения работ. Аварийное освещение для эвакуации должно обеспечить необходимые условия для безопасного выхода людей при погасании рабочего освещения. Для этого в местах прохода людей должна быть обеспечена освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытых территориях. Эвакуационное аварийное освещение устраи-

вается в производственных помещениях и зонах работ на открытом воздухе, где при погасании рабочего освещения может возникнуть опасность травматизма, в производственных и общественных помещениях с большим количеством людей, в детских учреждениях и т. д.

Аварийное освещение для продолжения работ служит для обеспечения условий видения, достаточных для временного продолжения работ при аварийном отключении рабочего освещения. Оно устраивается в случаях, когда вызванное темнотой прекращение работы или неправильные действия персонала могут явиться причиной возникновения пожара, взрыва, отравления, длительного расстройства технологического цикла, порчи ценного оборудования, нарушения работы узлов электроснабжения, связи и т. п. Аварийное освещение для продолжения работы должно обеспечить на рабочих поверхностях освещенность не менее 5% освещенности, установленной для рабочего освещения этих поверхностей при системе общего освещения.

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом, размером или знаком, наносимым на светильник краской.

Для аварийного освещения разрешается применять лампы накаливания и люминесцентные лампы (последние в помещениях с минимальной температурой, не менее плюс 10°C). Применение ламп типов ДРЛ, ДРИ и ксеноновых, включение которых после кратковременного перерыва питания происходит не сразу, для аварийного освещения запрещается.

4-3. НОРМЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В главе строительных правил и норм (СНиП) II-A. 9-71 приведены нормы проектирования искусственного освещения помещений и открытых пространств. В этом документе содержатся нормы минимальной освещенности и нормируемые характеристики качества осветительных установок. Выполнение этих норм в нашей стране является обязательным.

Нормы освещенности рабочих поверхностей. Как уже говорилось, глаз непосредственно реагирует на яркость, и именно яркость объекта (при прочих равных условиях) определяет условия видения. Однако расчет

и измерение яркости весьма затруднительны, поэтому в качестве нормируемой величины принята освещенность, которая, как мы уже знаем из гл. 1, в ряде случаев пропорциональна яркости.

В повседневной жизни мы наблюдаем одни предметы на фоне других. Работая за верстаком, мы рассматриваем обрабатываемую деталь на фоне поверхности верстака, поднимая с пола упавший предмет, различаем его на фоне поверхности пола.

Различение предмета возможно только в случае, если его яркость (яркость объекта различения) отличается от яркости фона¹. Различие яркостей объекта и фона определяется яркостным контрастом — k .

Контраст объекта с фоном считается большим при значениях k более 0,5 (объект и фон резко различаются по яркости); средним — при значениях k от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); малым — при значениях k менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Минимальное значение контраста, при котором в данных условиях возможно различить объект, называется пороговым яркостным контрастом.

Очень важным показателем, наиболее полно учитывающим условия освещения и характеризующим эффективность зрительной работы, является видимость, определяемая отношением фактического контраста к пороговому.

Видимость зависит от значений яркости объекта и фона, контраста, размеров наблюдаемого предмета, его формы, а также от длительности наблюдения. Отношение логарифма видимости, достигаемой в данных условиях, к логарифму максимально возможной для данной детали видимости называется относительной видимостью.

Понятно, что оптимальные условия видимости обеспечиваются при относительной видимости, равной единице. Было бы весьма заманчивым нормировать осветительные условия зрительной работы по оптимальным условиям видимости. К сожалению, обеспечение таких условий для зрительных работ, связанных с различением небольших деталей, в настоящее время невозможно

¹ Различение также происходит, если объект и фон отличаются по цвету.

по энергетическим и технико-экономическим соображениям. Например, для увеличения относительной видимости со значения 0,9 до 0,98 требуется увеличить освещенность рабочего места почти в 10 раз, что влечет за собой резкое увеличение капитальных затрат, потребляемой электроэнергии и т. д.

Содержащиеся в СНиП нормы освещенности обеспечивают для основной группы точных зрительных работ относительную видимость, равную 0,7—0,75, что является высоким показателем и находится на уровне передовых зарубежных стран.

Нормируемая освещенность на рабочих местах, как и видимость, определяется:

1) размером объекта различения¹. Чем меньше предмет, тем больше зрительное напряжение и тем сильнее он должен быть освещен;

2) яркостью фона, на котором рассматривается объект. Например, фоном для букв этой книги служит белая бумага, на которой они напечатаны. Чем слабее освещена страница, т. е. чем меньше яркость фона, тем труднее читать;

3) яркостным контрастом. Чем более бледной краской напечатаны буквы, тем хуже их видимость при одних и тех же условиях освещения.

Таким образом, для создания определенных условий видимости освещенность объекта различения должна возрастать с уменьшением яркости фона, контраста объекта с фоном и величины объекта.

Распределение освещенности на рабочих поверхностях, расположенных в разных частях помещения, обычно неравномерно. Нормы требуют, чтобы заданная освещенность обеспечивалась в наименее освещенной точке рабочей поверхности, т. е. нормируется минимальная освещенность.

Значения нормируемой освещенности устанавливаются следующей шкалой: 0,2 — 0,3 — 0,5 — 1 — 2 — 3 — 5 — 10 — 20 — 30 — 50 — 75 — 100 — 150 — 200 — 300 — 400 — 500 — 600 — 750 — 1000 — 1250 — 1500 — 2000 — 2500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 — 7500 лк. Таблицы норм освещенности на рабочих поверхностях производственных помещений, в помещениях жилых и обще-

¹ Объект различения — рассматриваемый предмет, отдельная его часть или различаемый дефект (например, нить ткани, точка, линия, знак, пятно, трещина и т. п.).

ственных зданий, для работ на открытых пространствах, на улицах и т. п. приведены в СНиП II-A. 9-71.

Сложность зрительной работы, в зависимости от которой устанавливаются освещенности, определяется наименьшим размером объекта различения, яркостным контрастом и светлотой фона. С этой целью зрительные работы в производственных помещениях разделены на 9 разрядов.

I разряд — работы наивысшей точности, требующие различения объектов размером менее 0,15 мм;

II разряд — работы очень высокой точности (размер объектов от 0,15 до 0,3 мм);

III разряд — работы высокой точности (размер объектов от 0,3 до 0,5 мм);

IV разряд — работы средней точности (размер объектов от 0,5 до 1 мм);

V разряд — работы малой точности (размер объектов от 1 до 5 мм);

VI разряд — грубые работы (размер объектов более 5 мм);

VII разряд — работы с самосветящимися материалами и изделиями (независимо от величины);

VIII разряд — работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса;

IX разряд — работы на складах громоздких предметов и сыпучих материалов.

Каждый из разрядов от I до V в свою очередь делится на 4 подразряда (обозначаемых буквами а, б, в, г) в зависимости от яркостного контраста (малого, среднего и большого) и степени светлоты фона (темный — при коэффициенте отражения поверхности менее 0,2; средний — при 0,2—0,4 и светлый — более 0,4).

Значения освещенности для зрительных работ VI—IX разрядов устанавливаются независимо от характеристики фона и яркостного контраста.

Нормы освещенности следует повышать на одну ступень по шкале освещенности при отсутствии дневного света в помещениях с постоянным пребыванием людей, при напряженной зрительной работе, выполняемой непрерывно в течение более половины рабочего дня, и в некоторых других случаях.

Особенностью отечественных норм является то, что для одних и тех же зрительных условий нормируются различные освещенности в зависимости от источников света (газоразрядные лампы или лампы накаливания), примененных для освещения, и от системы освещения — общего или комбинированного освещения.

Большая освещенность (на одну-две ступени по шкале) нормируется при применении газоразрядных ламп, меньшая — при лампах накаливания. Для одного и того же источника света при системе комбинированного освещения освещенность принимается значительно выше, чем для системы одного общего освещения.

Как правило, для точных зрительных работ (разряды I—IV, Va и Vб) рекомендуется применение системы комбинированного освещения. Для системы общего освещения в этих случаях должны использоваться преимущественно газоразрядные лампы, что дает возможность существенно улучшить осветительные условия, не вызывая дополнительного расхода электроэнергии. Снижение освещенности при применении ламп накаливания объясняется лишь экономическими соображениями и является временной мерой.

В табл. 4-1 приведены в качестве примера нормы минимальной освещенности на рабочих поверхностях в производственных помещениях для зрительных работ III разряда при использовании газоразрядных ламп.

На основании норм освещенности на рабочих местах составляются нормы для различных видов работ, выполняемых в помещениях предприятий разных отраслей промышленности (металлургической, машино- и приборостроительной, легкой и текстильной, химической, полиграфической и др.). Такие нормы носят название отраслевых норм искусственного освещения.

Отраслевые нормы являются основным документом при проектировании и эксплуатации осветительных установок.

В зависимости от особенностей производственного процесса, характера и назначения помещения нормируемая освещенность должна создаваться в разных плоскостях (горизонтальной, вертикальной, наклонной), расположенных на разных уровнях (на полу или на некоторой высоте от пола). Поэтому в отраслевых нормах для каждого помещения, производственного процесса или рабочего места указывается, в какой плоскости нормируется освещенность.

В СНиП приводятся также нормы минимальной освещенности вспомогательных помещений промышленных предприятий, нормы освещенности рабочих поверхностей при системе общего освещения для помещений общественных зданий, а также нормы освещения рабочих

Таблица 4-1

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях

Характеристика зрительной работы по степени точности	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк ¹	
						Система комбинированного освещения	Система общего освещения
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000 (1500)	500 (300)
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 (750)	300 (200)
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 (600)	300 (200)
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400 (400)	200 (150)

¹ В скобках указана освещенность при использовании ламп накаливания.

поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий, улиц, дорог и площадей населенных пунктов. Следует отметить, что для некоторых помещений жилых зданий и детских учреждений нормируется не минимальная, а средняя освещенность, и что на проезжей части улиц, дорог и площадей нормируется средняя яркость.

В процессе эксплуатации электрического освещения наблюдается постепенное уменьшение освещенности, вызванное загрязнением светильников, поверхностей помещений и оборудования, снижением светового потока ламп и т. д. Для частичной компенсации результатов этого неизбежного процесса в формулы расчета мощности осветительных установок вводятся коэффициенты запаса, находящиеся в пределах от 1,3 до 2. Например, при коэффициенте запаса 1,5 и нормируемой

освещенности 200 лк установка рассчитывается на $200 \times 1,5 = 300$ лк. Коэффициенты запаса тем меньше, чем чище среда в помещении. При использовании газоразрядных ламп принимаются большие коэффициенты, чем при лампах накаливания. Это обстоятельство объясняется более интенсивным снижением светового потока газоразрядных ламп в течение срока их службы.

Нормируемые характеристики качества освещения. Помимо норм освещенности рабочих поверхностей для промышленных, общественных и жилых зданий СНиП регламентируют ряд других, рассматриваемых ниже, показателей качества искусственного освещения.

Ограничение слепящего действия. В практических условиях в поле зрения работающего находятся случайно распределенные поверхности и предметы разной яркости. Яркость рабочего места часто значительно превышает яркость видимых участков стен и потолка. Часто просматриваются яркие пятна светильников, источников света или их зеркальных отражений от рабочей поверхности. Пятна повышенной яркости, попадая в поле зрения работающего, мешают ему, снижают видимость объектов различения, а при чрезмерной яркости мешают работе глаз и нередко затрудняют выполнение работы.

Свойство ярких поверхностей изменять установившийся в данных условиях уровень видимости называется блескостью, а состояние глаза при воздействии блескости называется ослепленностью. Уровень ослепленности оценивается коэффициентом ослепленности, который определяется отношением значений видимости объекта наблюдения при отсутствии и наличии блеского источника в поле зрения.

Слепящее действие светильников в осветительных установках промышленных предприятий ограничивается путем нормирования коэффициента ослепленности. Его значения, обеспечивающие удовлетворительные условия работы, изменяются в пределах от 1,02 до 1,08 в зависимости от степени точности зрительной работы. В СНиП (для удобства, чтобы не пользоваться дробными значениями) нормируется не коэффициент, а показатель ослепленности, значения которого определяются выражением

$$P = (s - 1) \cdot 1000, \quad (4-1)$$

где s — коэффициент ослепленности.

Наибольший допустимый показатель ослепленности находится в пределах от 20 до 80 и нормируется в зависимости от разряда зрительной работы и от постоянного или эпизодического нахождения в помещении людей. Показатель P определяется в различных точках помещения, положение которых зависит от типа источника света и преимущественного направления линии зрения работающих.

В общественных зданиях ограничение слепящего действия осветительных устройств регламентируется допустимыми значениями показателя дискомфорта, характеризующего степень дополнительной напряженности зрительной работы, вызванной наличием в поле зрения поверхностей, резко различающихся по яркости.

Показатель дискомфорта зависит от яркости блеского источника, его величины, положения в поле зрения и яркости фона. Дискомфорт является начальной стадией ослепленности, и его показатель для основных помещений общественных зданий регламентируется значениями не выше 40 и 60, что примерно соответствует показателям ослепленности 15 и 40. Меньшее значение показателя дискомфорта нормируется для рабочих помещений (кабинетов, рабочих комнат, проектных бюро, классов, читальных залов и т. п.), большее — для помещений с менее напряженной зрительной работой (залов заседаний, зрительных залов, фойе и т. п.). Значения показателя дискомфорта определяются в точках, лежащих на продольной оси помещения у торцевой стены на уровне глаза наблюдателя (1,5 м).

Нормами СНиП ограничиваются также значения средней яркости рабочих поверхностей, что позволяет избежать неприятного действия отраженной блескости.

К сожалению, показатели ослепленности и дискомфорта могут быть определены только расчетом. Приборов для их измерения в настоящее время не существует, что делает практически невозможным контроль во время эксплуатации. В недалеком будущем ожидается появление таких приборов.

Ограничение пульсации светового потока. Как отмечается в § 2-3, при работе газоразрядных ламп наблюдается пульсация светового потока с частотой, равной удвоенной частоте сети. Вызываемые ею периодические изменения освещенности на рабочем месте могут приве-

сти к увеличению зрительного утомления и в конечном счете к снижению производительности труда. Глубина пульсаций зависит от типа источника света и марки люминофора. Мерами эффективной борьбы с пульсацией является увеличение ее частоты и снижение глубины, что достигается включением соседних светильников на разные фазы сети, применением в светильниках ПРА с расщепленной фазой или питанием установки токами повышенной частоты.

Для количественной оценки глубины пульсации пользуются понятием коэффициент пульсации освещенности, определяемый выражением

$$k_{п} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (4-2)$$

где $E_{\max}$ и $E_{\min}$ — максимальное и минимальное значения освещенности за период колебания (при частоте сети 50 Гц — 0,02 с); $E_{\text{ср}}$ — среднее значение освещенности за тот же период.

Аналогичное выражение при замене значений освещенности соответствующими значениями светового потока источника света характеризует коэффициент пульсации светового потока. Данные о коэффициенте пульсации светового потока для некоторых источников света приведены в табл. 4-2.

Таблица 4-2

Коэффициенты пульсации светового потока для некоторых источников света

Источник света	Коэффициент пульсации светового потока, %, при способе включения		
	в одну фазу	две фазы или по схеме ПРА с расщепленной фазой	в три фазы
Люминесцентные лампы ЛБ	24	10	3
Люминесцентные лампы ЛДЦ	41	17	5
Лампы ДРЛ	65	31	7
Ксеноновые лампы ДКСТ	130	60	15

Допустимые значения коэффициентов пульсации освещенности на рабочих местах в осветительных установках с газоразрядными лампами в зависимости от

разряда зрительной работы и системы освещения регламентируются в интервале 10—30%.

Качество освещения играет чрезвычайно большую роль и в значительной мере определяет возможность нормальной зрительной работы. Помимо ограничения прямого слепящего действия светильников и исключения недопустимых пульсаций светового потока на рабочем месте необходимо избегать значительной неравномерности освещения рабочей поверхности, появления на ней теней от оборудования или человека (особенно вредны движущиеся тени), отраженной блескости. Устранение теней и отраженной блескости производится правильным выбором направления падения света.

При комбинированном освещении необходимое направление достигается разумным размещением светильников местного освещения, а также применением светильников, конструкция которых позволяет изменять их положение в пространстве (система шарниров, гибкие металлорукава и т. п.).

При общем освещении выбор нужного типа светильников и их расположение относительно рабочих мест позволяют обеспечить требуемое качество освещения. Так, в помещениях проектных учреждений светильники размещают таким образом, чтобы их свет, отраженный от блестящей поверхности бумаги или кальки, не попадал в глаза работающего и чтобы тень от человека не падала на его рабочее место. Такие условия достигаются, например, расположением линий светильников с максимальной силой света под углом в 60° к горизонту вдоль проходов между столами.

4-4. ИЗМЕРЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ

Для измерения освещенности пользуются прибором, называемым люксметром. Прибор состоит из двух основных частей: селенового фотоэлемента и стрелочного гальванометра, соединенных гибким двухжильным проводом. При воздействии света на фотоэлемент возникает электрический ток, вызывающий отклонение стрелки гальванометра, которое тем больше, чем больше освещенность. Шкала гальванометра градуируется непосредственно в люксах.

С помощью люксметра можно измерять освещенность в любой плоскости: горизонтальной, вертикальной, наклонной. Для этого следует соответственно ориентировать светоприемную пластину фотозлемента.

Градуировка люксметра осуществляется при свете ламп накаливания. При измерении освещенности, созданной иными источниками света, необходимо вводить на показания прибора поправочные коэффициенты. Для люминесцентных ламп типа ЛД коэффициент равен 0,9; для люминесцентных ламп типа ЛБ—1,1; для ламп ДРЛ—1,2.

При измерении освещенности необходимо исключать попадание случайных теней от человека или оборудования на фотозлемент. Если тени на рабочем месте создаются выступающими частями оборудования или работающим человеком, то освещенность следует измерять в этих реальных условиях. Положение гальванометра при измерениях должно быть горизонтальным. При контроле освещенности в процессе эксплуатации осветительных установок следует руководствоваться отраслевыми нормами искусственного освещения. При этом необходимо учитывать, что измеренные значения освещенности должны быть, как правило, несколько выше нормируемых, поскольку расчет освещения выполняется с учетом коэффициента запаса. В полной мере этот коэффициент проявляется в новой осветительной установке (или после замены ламп и чистки светильников и отражающих поверхностей помещения). В процессе эксплуатации освещенность постепенно снижается, достигая в определенный период нормируемых значений, после чего необходимо принять меры для увеличения освещенности (см. гл. 8).

Наконец, надо удостовериться в том, что при измерениях освещенности отклонения напряжения сети от номинальных значений находятся в допустимых пределах (§ 4-10), так как световые потоки источников света изменяются в зависимости от подводимого к ним напряжения.

4-5. РАЗМЕЩЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ И РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ

Размещая светильники в помещении, стремятся обеспечить равномерное распределение освещенности на

расчетной плоскости¹ при минимальной общей мощности осветительной установки. Однако одновременное выполнение этих условий возможно далеко не всегда. В самом деле, равномерность освещения повышается при увеличении числа светильников в помещении. Но чем больше светильников, тем меньше мощность лампы в светильнике, а следовательно, меньше световая отдача источника света (для ламп накаливания и ДРЛ). Снижение световой отдачи приводит к увеличению мощности установки. Вместе с тем значительная неравномерность освещения также вызывает дополнительный расход электроэнергии за счет того, что освещенность под светильником значительно превышает нормируемую минимальную освещенность. Подобные противоречия делают необходимым принятие компромиссных решений, при которых обеспечивалась бы наименьшая мощность установки при практически достаточной равномерности.

Размещение светильников в помещении, при котором удовлетворяются указанные условия, называется наивыгоднейшим и обеспечивается при определенных значениях отношения L/h , где L — расстояние между соседними светильниками или рядами светильников и h — высота подвеса светильника над рабочей поверхностью. Так, для светильников с лампами накаливания УП, УПМ наивыгоднейшее значение L/h составляет 1,9, для светильников ЛД, ЛДОР с люминесцентными лампами — 1,4, а для светильника Гкр с лампой ДРЛ — 0,8.

Светильники с лампами накаливания и ДРЛ обычно располагают по углам квадрата и прямоугольника или в шахматном порядке, а светильники с люминесцентными лампами — непрерывными рядами. При этом учитывают конструктивные особенности помещения: раскладку плит перекрытия, размещение балок, ферм и т. п. Допускаются небольшие отступления от рекомендуемых значений L/h , желательно в сторону их уменьшения. Для обеспечения равномерности освещения расстояние от крайних светильников или рядов до стен принимают равным $0,3 L$.

После того как выбрана нормируемая освещенность и светильники расставлены, производят расчет освеще-

¹ Расчетная плоскость — условная плоскость, на которой определяется освещенность. Чаще всего — это плоскость пола помещения или горизонтальная плоскость на уровне 0,8 м от пола.

ния, т. е. определяют мощность ламп и, если требуется, уточняют количество светильников.

Существуют разнообразные способы расчета освещения. Наиболее простым из них является расчет по удельной мощности. Этот способ, обеспечивающий вполне приемлемую точность, применяется при общем равномерном освещении горизонтальной поверхности и отсутствии крупных, затеняющих свет предметов.

Удельной мощностью ω , Вт/м², называется отношение общей установленной мощности источников света, Вт, к площади помещения, м². Значения удельной мощности зависят от выбранной освещенности, типа светильника и высоты его подвеса, площади и отражающих свойств потолка, пола и стен помещения и коэффициента запаса. Для люминесцентных светильников учитываются также тип и мощность лампы. Зная значения ω и количество ламп в помещении N , легко определить необходимую мощность лампы, Вт:

$$P_{\text{л}} = \omega s / N. \quad (4-3)$$

Полученную мощность округляют до мощности ближайшей стандартной лампы. Если значение $P_{\text{л}}$ превышает максимально возможную для данного светильника мощность лампы, то увеличивают количество светильников. При люминесцентном освещении дополнительно задаются типом и мощностью лампы, находят соответствующее значение ω , после чего подсчитывают общее необходимое количество ламп по формуле

$$N = \omega s / P_{\text{л}}. \quad (4-4)$$

В табл. 4-3 в качестве примера приведены значения удельной мощности для светильника ЛДОР с лампами ЛБ-80, ЛХБ и ЛТБ-30, ЛТБ-40 при высоте подвеса $h = 4 \div 6$ м.

Пример 4-1. Требуется осветить помещение сборочного цеха размером 18×72 м и высотой 6,3 м люминесцентными светильниками ЛДОР-2 $\times$ 80 с лампами ЛБ-80. Нормируемая освещенность 300 лк в горизонтальной плоскости на уровне 0,8 м от пола. Коэффициент запаса 1,5. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола 0,5; 0,3 и 0,1.

Разместим светильники непрерывными рядами вдоль цеха на высоте 0,5 м от потолка. Высота подвеса над расчетной плоскостью, отстоящей от пола на 0,8 м, $h = 6,3 - 0,8 - 0,5 = 5$ м. Наивыгоднейшее значение L/h для светильников ЛДОР составит 1,4. Следова-

тельно, расстояние между рядами светильников будет $5 \cdot 1,4 = 7$ м. Таким образом, в цехе шириной 18 м должно быть размещено 3 ряда светильников. Расстояние между крайними рядами и стенами составит $(18 - 2 \cdot 7) : 2 = 2$ м, что примерно вдвое меньше L . Площадь цеха $18 \cdot 72 = 1290$ м². По табл. 4-3 определяем необходимое значение удельной мощности $\omega = 17,7$ Вт/м².

Общее потребное количество ламп ЛБ-80 по (4-4)

$$N = \frac{17,7 \cdot 1290}{80} = 286 \text{ ламп или } 143 \text{ светильника.}$$

В каждом ряду надо установить $143 : 3 \approx 48$ светильников. Длина каждого светильника ЛДОР-2 $\times$ 80 равна 1,54 м. Общая длина линии составит $1,54 \cdot 48 = 74$ м, что на 2 м превышает длину помещения. Поступим следующим образом: установим в ряд 46 светильников и концы ряда вдвоим, разместив рядом с первым и последним светильниками ряда по одному дополнительному светильнику. Таким образом, мы несколько увеличим освещенность у торцов помещения, где она обычно ниже нормируемой. Итак, в помещении необходимо установить $48 \cdot 3 = 144$ светильника ЛДОР-2 $\times$ 80 в три непрерывных ряда.

Таблица 4-3

Удельная мощность, Вт/м², общего равномерного освещения для светильника ЛДОР

Площадь помещения S , м ²	Освещенность E , лк						
	75	100	150	200	300	400	500
10—17	17	20	33	40	68	80	100
17—25	12,2	16,3	24	32	49	65	81
25—35	10,5	14	21	28	42	56	71
35—50	8,9	11,8	17,7	24	35	48	59
50—80	7,5	10	15	20	30	40	50
80—150	6,3	8,4	12,5	16,8	25	33	42
150—400	5,3	6,8	10,5	13,5	21	27	33
>400	4,4	5,9	8,9	11,8	17,7	24	30

Примечание. Таблица составлена для помещений с коэффициентами отражения потолка, стен и пола соответственно 0,5; 0,3; 0,1 и при коэффициенте запаса 1,5.

4-6. ОБ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРАВИЛАХ

Под электроустановками понимают устройства, служащие для производства электроэнергии, ее преобразования, распределения и потребления. Электроустановки, находящиеся на открытом воздухе или под навесами, называются наружными, а размещаемые в закрытых помещениях — внутренними.

Основным документом, регламентирующим выполнение электроустановок, являются «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). В ПУЭ изложены требования и рекомендации по выполнению разнообразных электроустановок, в том числе и осветительных. Выполнение требований ПУЭ обеспечивает надежность, экономичность и безопасность электроустановок и является обязательным при их проектировании, монтаже и эксплуатации.

В строгом соответствии с ПУЭ находится и содержание ряда инструкций по монтажу и эксплуатации электроустановок. К ним в первую очередь относятся «Строительные нормы и правила, ч. III, разд. И, гл. 6 (СНиП III-И.6-67). Электротехнические устройства. Правила организации и производства работ. Приемка в эксплуатацию», а также «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ) и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ).

«Правила устройства электроустановок» состоят из разделов, каждый из которых разбит на главы. В свою очередь главы разделены на параграфы. Нумерация разделов производится римскими цифрами, глав и параграфов — арабскими. При ссылке на какое-либо требование Правил необходимо указывать номер раздела, главы и параграфа. Например, ПУЭ VI-5-17 обозначает, что речь идет о § 17 в гл. 5 раздела VI ПУЭ.

В ПУЭ приведены классификация помещений по характеру окружающей среды, и по степени опасности поражения электрическим током, требования к учету электроэнергии, заземлению и защитным мерам безопасности. Содержатся указания по выбору и расчету проводников, по применению аппаратов защиты и электрооборудования всех видов, в том числе и осветительного. Отдельные разделы посвящены особенностям выполнения электроустройств жилых и общественных зданий, зрелищных предприятий, взрыво- и пожароопасных помещений.

В СНиП III-И.6-67 собраны требования к монтажу и приемке в эксплуатацию установок.

Основными документами, регламентирующими условия эксплуатации и безопасности в действующих электроустановках потребителей, являются ПТЭ и ПТБ. Они содержат указания по организации эксплуатации всех

видов электроустановок, требования к подготовке персонала, устанавливают обязанности и ответственность работников, обслуживающих установки.

4.7. НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Лампы накаливания изготавливаются на напряжения 12, 36, 127, 127—135, 220, 220—235 В, люминесцентные лампы и лампы ДРЛ в комплекте с ПРА — на напряжение 220 В (кроме люминесцентных ламп 15 и 20 Вт, которые могут работать и в сетях напряжением 127 В). Такое напряжение источников света обусловило выбор для питания электрического освещения систем напряжения 380/220 В и 220/127 В с глухозаземленной нейтралью¹. При напряжении 380/220 В для питания светильников используется фазное напряжение 220 В, а при 220/127 В — как фазное напряжение 127 В (для питания светильников с лампами накаливания), так и линейное 220 В. В настоящее время наибольшее распространение имеет система 380/220 В.

В помещениях без повышенной опасности для питания светильников общего и местного освещения общераспространенным является напряжение 220 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников с лампами накаливания над полом (или площадкой, с которой производится обслуживание) менее 2,5 м должны применяться светильники, конструкция которых исключает доступ к лампе без специальных приспособлений, с вводом металлических труб или защитных оболочек кабелей и проводов электропроводки в светильник, либо должно применяться напряжение не выше 36 В.

Это требование не распространяется на светильники в электропомещениях и на светильники, обслуживаемые с площадок и кранов, посещаемых только квалифицированным персоналом.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127 и 220 В могут устанавливаться в любых помещениях на высоте, меньшей 2,5 м. При этом конструкция светильников должна обеспечивать недоступ-

¹ Системы с изолированной нейтралью из-за небольшого их распространения в настоящей книге не рассматриваются.

ность контактных частей для прикосновения (все выпускаемые заводами люминесцентные светильники этому требованию удовлетворяют).

Для питания стационарно установленных светильников местного освещения в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 36 В.

Для питания переносных ручных светильников местного освещения в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных применение напряжения выше 36 В запрещается. При наличии особо опасных условий в отношении поражения электрическим током (ими могут быть: неудобное положение работающего, возможность соприкосновения с большими хорошо заземленными металлическими массами, например при работе в котлах) для питания ручных светильников не должно применяться напряжение выше 12 В.

Переносные напольные, настольные, подвесные и тому подобные светильники в отношении выбора напряжения приравниваются к стационарным светильникам местного освещения.

4.8. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Осветительные установки современных промышленных предприятий, жилых и гражданских зданий питаются, как правило, от общих для силовых и осветительных нагрузок трансформаторов, установленных на трансформаторных подстанциях (ТП). Разделение сетей электрического освещения и силового электрооборудования обычно начинается от щита низшего напряжения ТП. От щита низшего напряжения ТП электроэнергия передается питающими линиями на осветительные магистральные пункты или щитки, а от них — к групповым осветительным щиткам. Источники света питаются от групповых щитков групповыми линиями.

Помимо ТП источниками электроэнергии для питания электрического освещения (обычно аварийного) могут служить аккумуляторные батареи и в редких случаях дизель-генераторы.

Напряжение у источников питания не является постоянной величиной. Каждый, наверно, замечал, что ночью лампы горят ярче, нежели вечером или рано ут-

ром в зимнюю пору. Это происходит из-за уменьшения нагрузки источников питания. Незначительные и редкие изменения напряжения мало мешают работе. Другое дело, если эти изменения значительны и часты. В этом случае вызываемые ими изменения освещенности на рабочем месте становятся заметными для глаз, приводят к быстрому утомлению зрения и, следовательно, к ухудшению условий работы. Резкие и частые колебания напряжения могут возникать при питании силовой и осветительной нагрузки от совмещенных трансформаторов, если в числе силовых потребителей имеются токоприемники большой мощности с прерывистым режимом работы, например сварочные трансформаторы.

Частота резких изменений напряжения у источников света рабочего освещения при глубине менее 1% не ограничивается. Колебания более 1% допустимы, если их частота не превышает значений, определяемых по формуле

$$n = 6/(v_t - 1), \quad (4-5)$$

где n — число колебаний в час; v_t — колебание напряжения, %.

Так, колебания в 4% допускаются при частоте 2 раза в час, 7% — один раз и т. д.

Указанные требования не распространяются на светильники местного освещения, освещающие какой-либо определенный механизм, станок и т. п., если резкие изменения напряжения связаны с работой их электродвигателей.

Для отдельных установок с резко переменным характером нагрузки (например, в электрических сетях металлургических заводов с прокатными станами) допускаются колебания до 1,5% номинального при неограниченной частоте.

Из сказанного следует, что для питания освещения необходимо выбирать источники электроэнергии, которые по роду присоединенной к ним силовой нагрузки позволяют обеспечить требуемое постоянство напряжения в осветительной сети.

Аварийное погасание освещения приносит материальный ущерб, вызываемый уменьшением выпуска продукции, а иногда и порчей оборудования и исходных материалов. Это в отдельных случаях усугубляется опасностью возникновения пожара, взрыва, одиночного и даже массового травматизма, которые могут явиться следствием непроизвольных или неправильных действий персонала в темноте. Поэтому вопросу надежности питания осветительных установок уделяется большое внимание. Согласно требованиям ПУЭ светильники аварийного освещения для продолжения работы должны быть присоединены к независимому источнику питания, т. е. к источнику питания, на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках данного объекта.

Независимыми источниками питания являются, например, две секции сборных шин ТП, каждая из которых получает питание от трансформатора, в свою очередь питаемого от независимого источника (например, трансформаторы присоединяются к разным генераторам электростанции). При этом секции сборных шин подстанции не должны быть связаны между собой либо связь между ними должна автоматически прерываться при нарушении нормальной работы одной из них.

Независимыми источниками питания являются также аккумуляторные батареи и дизель-генераторы. Эти источники электроэнергии используются для питания аварийного освещения в тех случаях, когда нет иных, более экономичных способов обеспечения независимого питания.

Допускается питание светильников аварийного освещения от сети рабочего освещения с автоматическим переключением на питание от независимого источника в случае аварийного погасания рабочего освещения.

В производственных зданиях без окон и фонарей аварийное освещение должно продолжаться работы, так и для эвакуации должно питаться от независимого источника. В таких помещениях сети рабочего и аварийного освещения должны идти от разных источников питания, не допускается использование силовых сетей для питания общего рабочего или аварийного освещения. Независимый источник для питания аварийного эва-

куационного освещения требуется также в зданиях, в которых возможно большое скопление людей: театры, кино, клубы, станции метро, вокзалы, музеи и др.

В остальных случаях источник питания аварийного освещения для эвакуации может не быть независимым, однако следует всюду по возможности обеспечивать максимальную надежность питания аварийного освещения.

Надежность работы осветительной установки в значительной мере определяется принятой схемой питания. При выборе схемы учитываются необходимая степень надежности, требуемые уровень и постоянство напряжения у источников света, удобство эксплуатации и экономичность установки.

При наличии на объекте одной однотрансформаторной подстанции (рис. 4-1) питание различных нагрузок (силовых, рабочего и аварийного освещения) рекомендуется производить самостоятельными питающими линиями от шин низшего напряжения ТП. В этом случае погасание всего освещения возможно лишь при выходе из строя трансформатора, что практически бывает редко. Допускается питание силовых и осветительных нагрузок небольших малоответственных зданий одной линией от ТП. При этом разделение сетей силовых нагрузок, рабочего и аварийного освещения обязательно и должно начинаться от ввода в здание.

На рис. 4-2 изображена схема питания осветительной установки при наличии на объекте двух однотрансформаторных подстанций. В этом случае питание рабочего и аварийного освещения зданий (или участков одного здания), как правило, производится от разных подстанций. Такая схема надежней предыдущей, так как при выходе из строя одного трансформатора про-

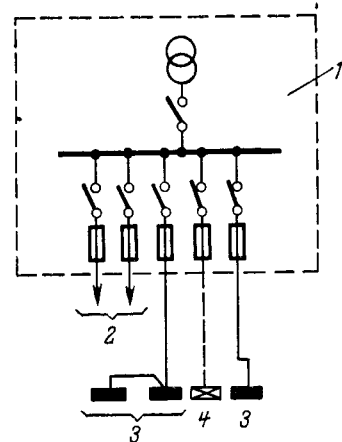


Рис. 4-1. Схема питания осветительной установки от одной однотрансформаторной подстанции.

1 — ТП; 2 — силовая нагрузка; 3 — рабочее освещение; 4 — аварийное освещение.

должает работать один из видов освещения, питающийся от другой подстанции. Если трансформаторы получают независимое питание, то обе ТП рассматриваются как независимые источники питания.

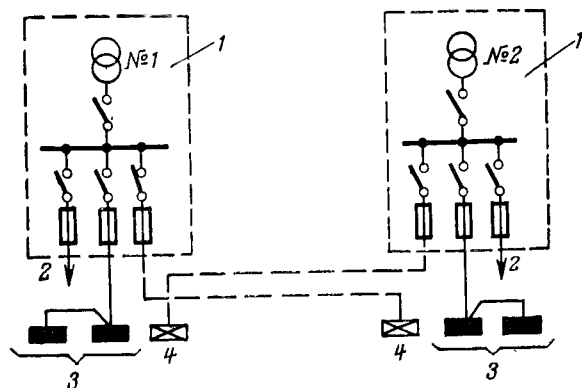


Рис. 4-2. Схема питания осветительной установки от двух одиотрансформаторных подстанций.
1 — ТП; 2 — силовая нагрузка; 3 — рабочее освещение; 4 — аварийное освещение.

Питание от двух ТП позволяет улучшить качество освещения путем выбора для питания рабочего освещения той из них, напряжение на шинах которой более постоянно.

Аналогичной разобранный выше схеме (рис. 4-2) является получившая большое распространение схема питания освещения от одной двухтрансформаторной подстанции. Шины низшего напряжения двухтрансформаторных ТП разделяются на две секции по числу трансформаторов. Между секциями устанавливается секционный выключатель, позволяющий соединить обе секции в одну. Рабочее и аварийное освещения питаются от разных генераторов. Если трансформаторы ТП питаются от разных генераторов электростанции, то они являются независимыми источниками.

При аварии с одним трансформатором двухтрансформаторной подстанции он автоматически отключается и одновременно замыкается секционный выключатель, это называется автоматическим включением резерва, и тогда обе секции остаются под напряжением, получая питание от одного трансформатора, работающего с пере-

грузкой. При этом и рабочее и аварийное освещения остаются включенными.

На ряде промышленных предприятий с успехом применяется питание электрических нагрузок по схеме блока трансформатор—магистраль (рис. 4-3). При такой схеме шины щитов низшего напряжения одотрансформаторных ТП, размещаемых в цехе, как бы удлиняются,

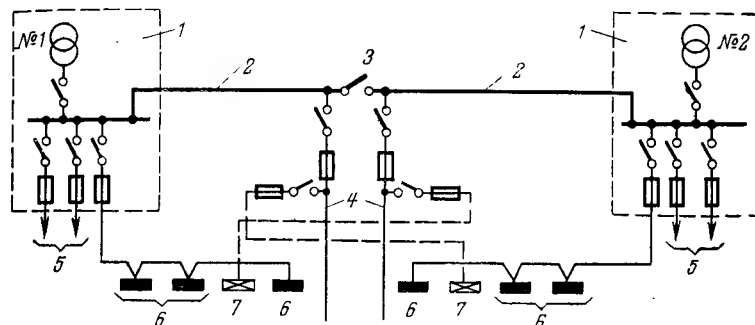


Рис. 4-3. Схема питания осветительной установки при системе блока трансформатор—магистраль.

1 — ТП; 2 — главная магистраль; 3 — разъединитель на перемычке между главными магистралями; 4 — вторичные магистрали; 5 — силовая нагрузка; 6 — рабочее освещение; 7 — аварийное освещение.

образуя протяженные мощные питающие линии — главные магистрали (конструктивно выполняемые в виде магистральных шинопроводов). Между главными магистралями двух соседних ТП устанавливаются разъединители, играющие роль секционных выключателей схемы двухтрансформаторной ТП. От главной магистрали отходят вторичные магистрали меньшего сечения (распределительные шинопроводы). На щитах низшего напряжения ТП сохраняется небольшое количество линейных выключателей, один из которых может использоваться для питания рабочего освещения прилегающего к ТП участка цеха. Аварийное освещение того же участка цеха в отличие от схемы рис. 4-2 может быть подключено ко вторичной магистрали соседней ТП. Недостатком такой схемы по сравнению со схемой, изображенной на рис. 4-2, является худшее качество напряжения, подаваемого на щиток аварийного освещения (большие колебания, вызванные пуском электродвигателей, и большие потери напряжения в питающих сетях). Если соседние

трансформаторы получают питание от разных генераторов электростанции, то они являются независимыми источниками и тогда схема будет обладать высокой надежностью.

На рис. 4-1—4-3 групповые щитки рабочего и аварийного освещения присоединяются непосредственно к питающим линиям, отходящим от ТП. На практике часто приходится устанавливать промежуточные магистральные щитки (МЩ). Необходимость установки МЩ вызывается стремлением уменьшить сечения питающих линий, создать возможность отключения отдельных линий для ремонта и сократить количество линий, отходящих от щита низшего напряжения ТП.

Если ТП размещается вне здания, то на вводе питающей линии в здание устанавливаются вводные ящики с аппаратами отключения и защиты. Весьма распространенные схемы вводов в здания приведены на рис. 4-4, а—в. Такие схемы однако не обеспечивают достаточной надежности, поскольку при повреждении кабельной или воздушной сетей на участке от ТП до ввода в

здание навливается вводное устройство, на которое заводятся силовой и осветительный вводы. При выходе из строя одного из них с помощью ручного переключателя вся нагрузка на время ремонта подключается к оставшемуся в работе вводу. По такой схеме осуществляется питание многих городских потребителей (жилые дома высотой более пяти этажей, общественные здания).

4-10. РАСЧЕТ СЕТИ

Расчет электрической сети заключается в определении сечения проводников на каждом ее участке. Выбор сечений проводов осветительной сети производится с учетом следующих требований:

1. Расчетные токи не должны превышать длительно допустимых для принятых проводников и их сечений при заданном способе прокладки. Расчет сети на удовлетворение этому требованию называется расчетом по току нагрузки.

2. Напряжение у последнего светильника не должно снижаться ниже допустимого предела. Определение сечения линии, удовлетворяющего этому требованию, называется расчетом по потере напряжения.

3. Механическая прочность проводников должна соответствовать принятому способу их прокладки. Наименьшие сечения проводников, обеспечивающих их механическую прочность при разных способах прокладки, приведены в табл. 4-4.

Сечения проводников, выбранные в соответствии с каждым из указанных требований, могут различаться между собой. Выбираться должно большее из них, отвечающее всем требованиям.

Расчет сети по току нагрузки

Определение расчетного тока A , проходящего в сети, производится по формуле

$$I_p = K_c K P_y, \quad (4-6)$$

где P_y — установленная мощность, кВт, представляет собой полную мощность осветительной установки, определяемую светотехническим расчетом.

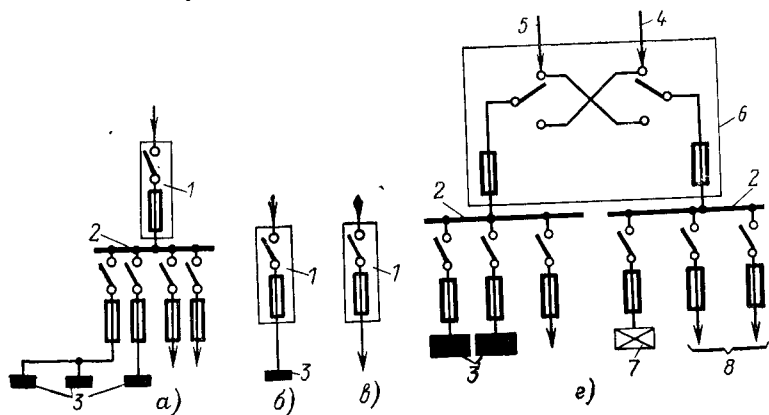


Рис. 4-4. Схемы вводов в здания.

а — питание светильников через магистральный щиток; б — питание светильников непосредственно от щитков от группового щитка; в — питание светильников непосредственно от щитков от группового щитка; г — схема с ручным резервированием; 1 — вводный ящик; 2 — магистральный щиток; 3 — групповой щиток рабочего освещения; 4 — силовой ввод; 5 — осветительный ввод; 6 — вводное устройство; 7 — групповой щиток аварийного освещения; 8 — силовые токоприемники.

здание рабочее освещение выходит из строя на период ремонта линии.

На рис. 4-4, г изображена схема, лишенная указанного недостатка. В этом случае на вводе в здание уста-

Таблица 4-4

Наименьшие сечения жил проводов, шнуров и кабелей по условиям механической прочности

Наименование провода и род прокладки	Наименьшее сечение жил, мм ²	
	алюминевых	медных
Кабели и защищенные изолированные провода в стационарных электропроводах внутри зданий	2,5	1
Незащищенные изолированные провода и кабели в трубах и металлорукавах	2,5	1
Шнуры и провода для подвесных осветительных арматур, настольных ламп, а также для присоединения переносных светильников и бытовых токоприемников	—	0,75
Гибкие провода для зарядки осветительных арматур: внутри зданий	—	0,5
вне зданий	—	1
Изолированные провода и шнуры для неподвижной прокладки внутри зданий на роликах и кликах, расположенных друг от друга на расстоянии не более чем 0,8 м	2,5	1
Изолированные провода для неподвижной прокладки внутри зданий на изоляторах, расположенных друг от друга на расстоянии:		
до 1 м	4	1,5
до 6 м	4	2,5
до 12 м	10	4
свыше 12 м	16	6
Голые провода в наружных воздушных линиях	16	6

При определении установленной мощности в осветительных установках с газоразрядными лампами кроме мощности ламп необходимо учитывать мощность, теряемую в пускорегулирующих аппаратах люминесцентных и ртутных ламп. Потери в пускорегулирующих аппаратах указаны в гл. 2-4.

Например, если в помещении смонтировано 200 люминесцентных ламп мощностью по 40 Вт со стартерными ПРА, то установленная мощность освещения составит $P_y = 200 \cdot 40 \cdot 1,2 = 9600 \text{ Вт} = 9,6 \text{ кВт}$.

В зависимости от назначения помещений или зданий в них могут быть одновременно включены все светильники или только часть их. Коэффициент K_c , называемый

коэффициентом спроса, определяет долю одновременно потребляемой мощности от установленной. Коэффициенты спроса для расчета питающих сетей рабочего освещения различных зданий и помещений приведены в табл. 4-5. Коэффициенты спроса для питающих сетей аварийного освещения и групповых сетей всех видов освещения принимаются равными единице.

Таблица 4-5

Коэффициенты спроса для расчета питающей сети рабочего освещения зданий

Характеристика потребителей	Коэффициент спроса K_c
Торговые помещения и мелкие здания производственного характера	1,0
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Библиотеки, здания административного назначения, помещения общественного питания	0,9
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Лечебные, детские и учебные учреждения, конторско-бытовые и лабораторные здания	0,8

Произведение $P_y K_c = P_p$ называется расчетной или потребляемой мощностью.

Коэффициент K является переходным от мощности в линии к току в ней и зависит от системы напряжения сети и коэффициента мощности ($\cos \varphi$) нагрузки. В осветительных установках с лампами накаливания $\cos \varphi = 1$.

Наличие реактивного сопротивления в цепи газоразрядной лампы создает в комплекте лампа — ПРА коэффициент мощности, близкий к 0,5. Если реактивную мощность газоразрядных ламп не компенсировать, то токи в сетях возрастают, что приводит к увеличению сечений проводников, количества групп на щитках, а иногда и мощности трансформаторов.

Компенсация реактивной мощности может быть индивидуальной и групповой. В первом случае конденсаторы для увеличения коэффициента мощности устанавли-

ваются непосредственно в схемах светильников (см. рис. 2-8). При групповой компенсации конденсаторы устанавливаются у групповых щитков. При этом реактивная мощность на участках сети за местом установки конденсаторов (по направлению к потребителям электроэнергии) остается некомпенсированной, что необходимо учитывать при расчете сети и выборе аппаратов защиты этих участков.

Для осветительных установок с лампами ДРЛ обычно экономически целесообразной является групповая компенсация на групповых линиях. В установках с люминесцентными лампами применяется индивидуальная компенсация.

При групповой компенсации используются трехфазные конденсаторы типа КС.

Для увеличения коэффициента мощности до значения, равного 0,9, мощность конденсаторов выбирается из расчета 1,25 квар на 1 кВт установленной мощности светильников с газоразрядными лампами с учетом потерь в ПРА.

В табл. 4-6 приведены значения коэффициентов K и c .

Значения K , указанные в табл. 4-6, относятся к случаям: а) установки ламп накаливания ($\cos \varphi = 1$); б) установки газоразрядных ламп: с конденсатором в светильнике ($\cos \varphi = 0,9$ и более), без конденсатора ($\cos \varphi = 0,5$).

Если производится групповая компенсация реактивной мощности газоразрядных ламп, то значения K принимаются: для участков сети от источников питания до места установки конденсаторов — как для $\cos \varphi = 0,9$; для участков сети от места установки конденсаторов до светильников — как для $\cos \varphi = 0,5$.

Расчет сети по току нагрузки производится в следующей последовательности. Определяют установленную мощность и расчетный ток I_p в сети по (4-6). Далее по таблице длительно допустимых токовых нагрузок подбирают необходимое минимальное сечение проводника, для которого расчетный ток меньше длительно допустимого.

Пример 4-2. Рассчитать по току нагрузки сеть, питающую осветительную установку производственного здания, состоящего из помещений средних размеров. В здании установлено 130 компенсированных стартерных светильников, каждый с двумя люминесцент-

Таблица 4-6

Значения коэффициентов K и c

Напряжения сети, В	Система сети	K			c	
		$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 0,5$	алюминиевые провода	медные провода
380/220	Четырехпроводная (3 фазы + нуль)	1,52	1,69	3,04	50	83
	Трехпроводная (2 фазы + нуль)	2,27	2,52	4,54	22	37
	Двухпроводная (1 фаза + нуль)	4,55	5,05	9,1	8,3	14
220/127	Четырехпроводная (3 фазы + нуль)	2,64	—	—	16,5	28
	Трехпроводная (2 фазы + нуль)	3,95	—	—	7,3	12,2
	Двухпроводная (1 фаза + нуль)	7,9	—	—	2,8	4,6
3×220	Трехпроводная (3 фазы)	2,64	2,93	5,28	16,5	28
	Двухпроводная (2 фазы)	4,55	5,05	9,1	8,3	14
3×127	Трехпроводная (3 фазы)	4,55	—	—	5,6	9,2
	Двухпроводная (2 фазы)	7,9	—	—	2,8	4,6
3×36	Трехпроводная (3 фазы)	16,1	—	—	0,44	0,74
36	Двухпроводная (2 фазы)	28	—	—	0,22	0,37
3×12	Трехпроводная (3 фазы)	48	—	—	0,025	0,082
12	Двухпроводная (2 фазы)	83	—	—	0,0125	0,04

ными лампами 80 Вт. Напряжение сети 380/220 В. Питающая сеть выполнена по четырехпроводной системе (3 фазы+нуль) проводом с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией, проложенным в стальной трубе.

Определим установленную мощность освещения (мощность ламп в одном светильнике составляет $2 \cdot 80 = 160$ Вт):

$$P_y = 160 \times 1,2 \times 130 = 25\,000 \text{ Вт} = 25 \text{ кВт};$$

$$K_c = 0,85 \text{ (по табл. 4-6)}.$$

Для четырехпроводной системы 380/220 В и $\cos \varphi = 0,9$ $K = 1,69$ (по табл. 4-6). Расчетный ток в линии

$$I_p = 0,85 \cdot 1,69 \cdot 25 = 36 \text{ А}.$$

Находим по табл. 4-8 ближайший больший допустимый ток 39 А для случая прокладки четырех проводов в одной трубе¹. Этому току соответствует сечение 10 мм^2 , которое и должно быть принято в питающей сети, рассчитываемой по току нагрузки.

Расчет сети по потере напряжения

Проводники электрической энергии, как известно, обладают электрическим сопротивлением, зависящим от материала, из которого они изготовлены, их длины и сечения. Сопротивление возрастает с увеличением длины проводника и уменьшением его сечения.

При прохождении тока в сети за счет сопротивления проводников происходит снижение напряжения по длине линии. Разность значений напряжения в начале и конце линии называется *потерей напряжения* в линии. Удобно выражать потери напряжения в процентах номинального его значения.

При расчете потери напряжения в осветительной сети следует исходить из следующего.

Снижение напряжения у наиболее удаленных ламп внутреннего рабочего освещения промышленных и общественных зданий, а также прожекторных установок наружного освещения должно быть не более 2,5% номинального напряжения ламп, а у наиболее удаленных ламп освещения жилых зданий, аварийного освещения и наружного освещения, выполненного светильниками, не более 5%. Наибольшее напряжение должно быть не

¹ В трехфазных четырехпроводных сетях, питающих газоразрядные лампы, в нулевых проводах может проходить ток, близкий к фазному. Поэтому допустимые токовые нагрузки определяются для случая прокладки четырех нагруженных проводов в трубе, а не трех, как это делается при лампах накаливания.

более 105% номинального напряжения ламп. В сетях 12 и 36 В потери напряжения допускаются до 10%.

Если бы на шинах источника питания напряжение равнялось номинальному напряжению сети, то расчетная потеря напряжения в сети от источника до последних ламп не должна была бы превышать тех же допускаемых 2,5 или 5%. На самом деле напряжение на шинах ТП несколько выше номинального напряжения сети.

Так, при номинальном напряжении сети 380/220 В напряжение на зажимах низшей стороны трансформатора, работающего в режиме холостого хода (без нагрузки), равно 400/231 В. При включении нагрузки ток, проходящий по обмоткам трансформатора, вызывает в них некоторую потерю напряжения, в результате чего уменьшается напряжение низшей стороны трансформатора. Однако напряжение при этом остается большим номинального напряжения сети. Поэтому и расчетное значение потери напряжения в сети получается, как правило, выше численного значения регламентированного снижения напряжения.

Потеря напряжения в трансформаторе зависит от его мощности, степени загрузки и коэффициента мощности нагрузки. Значения расчетных потерь напряжения в осветительной сети (при коэффициенте загрузки трансформатора 0,9) приведены в табл. 4-7.

Расчетные потери напряжения распределяются между питающими и групповыми линиями. Групповые сети рекомендуется рассчитывать исходя из потери напряжения в них в пределах 1,5—2%, а питающие — в пределах 2—1%.

Сечения проводников по потере напряжения определяют по следующей формуле:

$$S = P_p L / (c \Delta U), \quad (4-7)$$

где S — сечение проводника, мм^2 ; P_p — расчетная мощность, кВт; L — длина линии, м; c — коэффициент, зависящий от материала проводника, напряжения и системы сети (табл. 4-6); ΔU — расчетная потеря напряжения, %.

Определение потери напряжения при известном сечении сети возможно из выражения

$$\Delta U = P_p L / (c S). \quad (4-8)$$

Таблица 4-7

Допустимые потери напряжения в осветительных сетях

Мощность трансформатора, кВт·А	Допустимые потери напряжения, %, при трансформаторах			
	осветительных ($\cos \varphi=1$)	общих для силовых и осветительных потребителей при		
		$\cos \varphi=0,9$	$\cos \varphi=0,8$	$\cos \varphi=0,7$
160	5,9	4,4	4	3,8
250				
400	6,2	4,6	4,2	3,9
630—1000	6,3	4,3	3,7	3,4

Примечания: 1. Потери напряжения указаны для сетей внутреннего рабочего освещения промышленных и общественных зданий и для прожекторных установок наружного освещения. Для жилых зданий, аварийного освещения и наружного освещения, выполненного светильниками, допустимые потери напряжения увеличиваются на 2,5%.

2. В осветительных установках с коэффициентом мощности 0,9 и ниже, питаемых от осветительных трансформаторов, значения допустимых потерь напряжения следует в любом случае определять как для трансформаторов общих для силовых и осветительных потребителей.

Произведение $P_p L$ называется моментом нагрузки, обозначается буквой M и выражается в киловаттметрах. Пользуясь M , сечение питающей линии определяем по (4-9), а потерю напряжения — по (4-10):

$$S = M / (c \Delta U); \quad (4-9)$$

$$\Delta U = M / (c S). \quad (4-10)$$

Если нагрузка линии сосредоточена в ее конце, как, например, у линии, питающей один групповой щиток, или групповой линии, питающей один светильник, то расчет такой линии не вызывает затруднения.

Пример 4-3. Рассчитать питающую линию от ТП до группового щитка. Напряжение сети 380/220 В. Линия четырехпроводная, выполнена проводами с алюминиевыми жилами. Расчетная нагрузка на щитке 30 кВт. Потеря напряжения в линии не должна превышать 2%. Длина линии 25 м.

Из табл. 4-6 $c=50$,

$$S = P_p L / (c \Delta U) = 30 \cdot 25 / (50 \cdot 2) = 7,5 \text{ мм}^2.$$

Провода сечением 7,5 мм² не изготавливаются. Ближайшим большим сечением является сечение 10 мм², которое и следует принять. При таком сечении потеря напряжения в линии определится из уравнения

$$\Delta U = P_p L / (c S) = 30 \cdot 25 / (10 \cdot 50) = 1,5\%.$$

Немного усложняется подсчет моментов линии с несколькими нагрузками.

На рис. 4-5 представлена питающая сеть с тремя групповыми щитками. Расчетные мощности на щитках обозначены P_1 , P_2 и P_3 , длины участков сети L_1 , L_2 и L_3 .

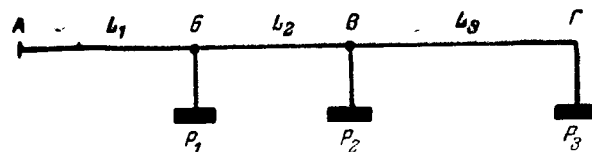


Рис. 4-5. К расчету линии с несколькими нагрузками.

По участку AB проходит ток, определяемый суммой всех нагрузок $P_1 + P_2 + P_3$. Поэтому момент нагрузки на этом участке $M_{AB} = L_1(P_1 + P_2 + P_3)$. По участку BV проходит ток, вызываемый нагрузками $P_2 + P_3$, и момент на этом участке $M_{BV} = L_2(P_2 + P_3)$. На конце $M_{VG} = L_3 P_3$.

Общий момент нагрузки линии будет равен сумме моментов отдельных ее участков:

$$M_{AB} + M_{BV} + M_{VG} = L_1(P_1 + P_2 + P_3) + L_2(P_2 + P_3) + L_3 P_3.$$

Обозначая сумму моментов через ΣM , записываем:

$$S = \Sigma M / (c \Delta U); \quad (4-11)$$

$$\Delta U = \Sigma M / (c S). \quad (4-12)$$

Потери напряжения на отдельных участках линии определяются из выражений

$$\Delta U_{AB} = M_{AB} / (c S) = L_1(P_1 + P_2 + P_3) / (c S);$$

$$\Delta U_{BV} = M_{BV} / (c S) = L_2(P_2 + P_3) / (c S);$$

$$\Delta U_{VG} = M_{VG} / (c S) = L_3 P_3 / (c S).$$

В протяженных осветительных сетях сечения проводников, получаемые при расчете по потере напряжения, нередко оказываются больше получаемых при расчете по току нагрузки.

Пока ток не проходит по проводнику, температура жилы проводника равна температуре окружающей среды. Каждому значению тока, длительно проходящему по проводнику, соответствует определенная температура нагрева жил сверх температуры окружающей среды (перегрев).

В зависимости от конструкции и материала изоляции проводника ПУЭ устанавливают допустимые предельные температуры нагрева жил. Так, для проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией допустимая температура нагрева жил $+65^{\circ}\text{C}$, для кабелей с бумажной изоляцией $+80^{\circ}\text{C}$, для голых проводов $+70^{\circ}\text{C}$.

Расчетным путем определены значения токов, прохождение которых по проводникам вызывает их нагрев до заданных допустимых температур (с учетом температуры окружающей среды). Эти токи называются длительно допустимыми токами и значения их для различных марок проводов и кабелей с медными и алюминиевыми жилами при заданной температуре окружающей среды (воздуха $+25^{\circ}\text{C}$, земли $+15^{\circ}\text{C}$) приведены в ПУЭ.

Длительно допустимые токи для алюминиевых проводов и кабелей с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией приведены в табл. 4-8.

Все осветительные сети должны быть защищены от токов короткого замыкания, а в некоторых случаях, при необходимости обеспечения более надежной и безопасной работы сети или там, где обслуживание может производиться недостаточно квалифицированным персоналом, осветительные сети защищаются от возможных перегрузок.

Для защиты проводов от перегрузки и токов короткого замыкания в сетях устанавливаются специальные аппараты защиты, автоматически отключающие их при протекании токов, превышающих длительно допустимые значения.

В осветительных сетях в качестве аппаратов защиты используются предохранители и автоматические выключатели (автоматы).

Защитное действие предохранителя основано на перегорании заключенного в нем плавкого элемента —

Таблица 4-8

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией

Сечение токо- проводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А							
	Провода, проло- женные открыто	Провода, проложен- ные в одной трубе, одножильные			Кабели, проло- женные в воз- духе		Кабели, про- ложенные в земле	
		два про- вода	три про- вода	четыре провода	двух- жильные	трех- жильные	двух- жильные	трех- жильные
1,5	— 23 24	— 19 20	— 17 19	— 16 19	— 19 21	— 19 19	— 33 34	— 27 29
2,5	30 32	27 28	25 28	25 23	27 29	25 27	44 42	38 38
4	41 39	38 36	35 32	30 30	38 38	35 32	55 55	49 46
6	50 60	46 50	42 47	40 39	50 55	42 42	70 80	60 70
10	80 75	70 60	60 60	50 55	70 70	55 60	105 105	90 90
16	100 105	85 85	80 80	75 70	90 90	75 75	135 135	115 115
25	140 130	115 100	100 95	90 85	115 105	95 90	175 160	150 140
35	170 165	135 140	125 130	115 120	140 135	120 110	210 205	180 175
50	215 210	185 175	170 165	150 140	175 165	145 140	265 245	225 210
70	270 255	225 215	210 200	185 175	215 200	180 170	320 295	275 255
95	330 —	275 —	255 —	225 —	260 —	220 —	385 —	330 —

Примечание. В числителе приведены нагрузки для алюминиевых жил, в знаменателе — для медных.

плавкой вставки, расплавляющейся под действием проходящего по ней тока, если он превышает номинальный ток плавкой вставки $I_{п.в.}$.

Автомат представляет собой устройство, совмещающее функции предохранителя и выключателя. Роль предохранителя в автомате выполняет токовое реле (тепловое, электромагнитное или комбинированное тепловое

и электромагнитное), называемое расцепителем. При прохождении через автомат токов, превышающих номинальный ток расцепителя $I_{расц}$, реле срабатывает и разрывает цепь тока. Автоматы, снабженные одним электромагнитным расцепителем для защиты осветительных сетей, практически не применяются.

В табл. 4-9 и 4-10 приведены данные наиболее распространенных предохранителей и автоматов.

Таблица 4-9

Основные технические характеристики предохранителей

Тип предохранителя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	
		предохранителя	плавкой вставки
ПР-2	380, 500	15	6, 10, 15
		60	15, 20, 25, 35, 45, 60
		100	60, 80, 100
		200	100, 125, 160, 200
		350	200, 225, 260, 300, 350
		600	350, 430, 500, 600
ПН-2-100	500	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ПН-2-250	500	250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ПН-2-400	500	400	200, 250, 300, 350, 400
ПН-2-600	500	600	300, 400, 500, 600

ПН-2 — однополюсный предохранитель с закрытым патроном, с наполнителем для переднего и заднего присоединения внешних проводников. Изготавливается с указателем срабатывания и замыкающим и размыкающим блок-контактом.

ПР-2 — однополюсный предохранитель с закрытой разборной плавкой вставкой без наполнителя для переднего и заднего присоединения внешних проводников.

Одной из основных характеристик любых аппаратов защиты является их время-токовая характеристика, гра-

Таблица 4-10

Основные технические характеристики автоматических выключателей

Тип автомата	Номинальное напряжение, В	Количество полюсов	Тип расцепителя	Номинальный ток, А	
				автомата	расцепителя
АЕ-1031	240	1	Тепловой, комбинированный	25	6, 10, 16, 25
А3161	220	1	Тепловой	50	15, 20, 25, 30, 40, 50
А3163	380	3	Тепловой	50	
А3114/1, А3124	500	3	Комбинированный	100	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100
А3134	500	3	То же	200	120, 150, 200
А3144	500	3	То же	600	250, 300, 400, 500, 600

фически выражающая зависимость времени полного отключения от проходящего через аппарат тока. Для удобства пользования значения тока даются в относительных единицах, кратных номинальному току аппарата. На рис. 4-6 приведены такие кривые для предохранителей типа ПР-2 и автомата А3114. Как видно из кривых, отключение предохранителей и автоматов с тепловыми расцепителями происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени, уменьшающегося с увеличением тока. Электромагнитный расцепитель автомата срабатывает практически мгновенно при значениях тока калибровки расцепителя.

Характеристики отдельных аппаратов отличаются от средних значений из-за производственных и эксплуата-

ционных факторов, поэтому на рис. 4-6 они изображаются не одной линией, а в виде полосы, в пределах которой лежит возможное время отключения.

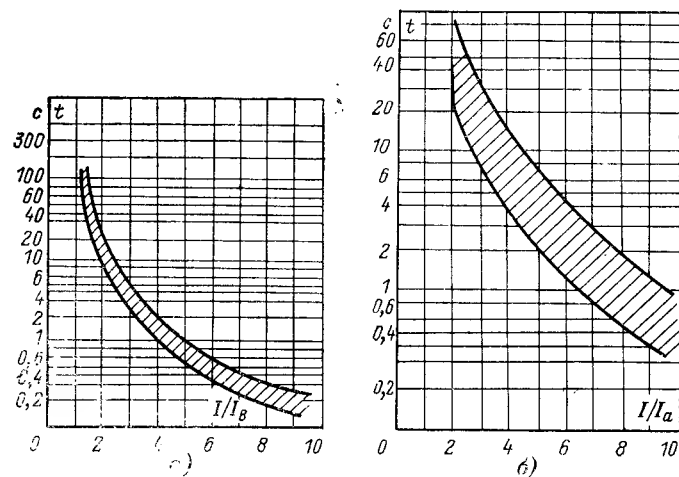


Рис. 4-6. Время-токовые характеристики аппаратов защиты.

a — предохранитель ПР-2; b — автоматический выключатель АЗ114; I — ток, проходящий через аппарат; I_B , I_a — номинальные токи плавкой вставки предохранителя и расцепителя автомата.

Номинальные токи плавкой вставки и расцепителя автомата должны быть не меньше рабочего тока участка сети, который они защищают, и по возможности должны не сильно от него отличаться.

Это основное правило выбора аппаратов защиты. Однако бывают случаи, когда приходится идти на завышение номинальных токов аппаратов защиты. Разберем наиболее важные из них. С первым случаем мы встречаемся при выполнении требования селективности, предъявляемого к работе аппаратов защиты, установленных последовательно в разных звеньях сети. Селективной (избирательной) называется такая работа аппаратов защиты, при которой в случае повреждения или перегрузки одного из участков сети срабатывает ближайший к месту повреждения со стороны питания аппарат защиты, а защита предыдущих участков сети не действует. Селективность защиты отдельных участков сети обеспечивается в случае, когда время отключения

ближайшего к месту повреждения аппарата защиты меньше времени предыдущего (большого) аппарата.

Проверка селективности осуществляется по время-токовым характеристикам, при этом время отключения для всех аппаратов, расположенных в сети последовательно, определяется по реальному току, возникающему при повреждении участка (току короткого замыкания или току перегрузки). Практически достаточная селективность обеспечивается, если токи плавких вставок или расцепителей автоматов, установленных на смежных участках сети, различаются не менее чем на две ступени по шкале (табл. 4-9 и 4-10). Например, если на групповом щитке установлен автомат с расцепителем 20 А, то на магистральном щитке расцепитель должен быть не менее 30 А, даже если по рабочему току участка достаточным оказался бы автомат с расцепителем 25 А.

Второй случай возможного завышения номинального тока аппарата защиты возникает при защите осветительной сети с мощными лампами накаливания (500 Вт и более) и ДРЛ (250 Вт и более). В момент включения таких потребителей в сети возникают пусковые токи, обусловленные разными сопротивлениями спирали ламп накаливания в холодном и нагретом состояниях и переходными процессами, происходящими в комплекте лампы ДРЛ — ПРА. Пусковой ток мощных ламп накаливания в 12—14 раз превышает их номинальный ток, а его длительность составляет 0,2—0,5 с. Для ламп ДРЛ пусковой ток в 2,5—3 раза превышает их номинальный ток, а его длительность 60—90 с¹.

Очевидно, что защита должна быть выбрана таким образом, чтобы не происходило ложных отключений сети при включении установки. Для этого при защите сетей с мощными лампами накаливания ток плавкой вставки должен примерно втрое превосходить рабочий ток линии, а расцепителя автомата — в 1,5 раза.

Наконец, с необходимостью некоторого увеличения тока расцепителей автоматов мы встречаемся при размещении автоматов в кожухе щитка. В этом случае за счет тепла, выделяемого автоматами, увеличивается

¹ Для люминесцентных ламп пусковой ток, вдвое превышающий номинальный, протекает в течение 5—10 с. Однако из-за разновременности включения отдельных ламп повышенный пусковой ток в сети практически не наблюдается.

температура воздуха внутри щитка, что приводит к уменьшению действительного тока расцепителя по сравнению с номинальным значением, устанавливаемым на заводе при температуре $+25^{\circ}\text{C}$.

В этих случаях приходится либо завышать номинальный ток расцепителя на 10—15%, либо уменьшать нагрузку до 85—90% номинального тока расцепителя автомата.

Еще одним основным правилом выбора аппарата защиты является определенное соответствие между пропускной способностью проводов и номинальным током аппарата.

В табл. 4-11 приводятся допускаемые соотношения между указанными величинами. Из таблицы видно, на-

Таблица 4-11

Наибольшие допустимые отношения пропускной способности проводов и кабелей ($I_{\text{п}}$) к номинальным токам аппаратов защиты ($I_{\text{з}}$)

Характеристика помещения	Тип проводника при любом способе прокладки	$I_{\text{п}}/I_{\text{з}}$, не более	
		Предохранители	Автоматы с тепловым или комбинированным регулируемым расцепителем
Сети, защищаемые только от коротких замыканий			
Помещения всех назначений	Проводники всех типов	1/3	1
Сети, защищаемые от перегрузки			
Производственные помещения, кроме взрывоопасных	Открыто проложенные незащищенные изолированные провода с горючей оболочкой	1	1
Общественные и жилые здания, бытовые и конторские помещения на производственных предприятиях, взрывоопасные помещения	Провода и кабели с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией	1,25	1
Пожароопасные помещения	То же	1	1

пример, что для сетей, защищаемых только от коротких замыканий при применении предохранителей, их плавкая вставка может втрое превышать допускаемую пропускную способность проводов или кабелей¹.

При защите сетей от перегрузки (табл. 4-11) номинальный ток аппарата защиты не должен превышать значений допускаемой пропускной способности проводников.

Аппараты защиты устанавливаются: а) в местах присоединения осветительной сети к источникам питания — щитам низшего напряжения подстанций, силовым распределительным пунктам, головным участкам магистралей и т. п.; б) на вводах в здания; в) на групповых щитках; г) со стороны высшего и низшего напряжения трансформаторов 12 и 36 В; д) в местах, где происходит уменьшение сечений сети по направлению от источников питания к потребителям энергии.

В последнем случае установка аппаратов защиты не обязательна, если аппараты защиты предыдущего участка защищают участок со сниженным сечением или если незащищенные участки линии или ответвления выполнены проводниками, сечение которых не ниже половины сечения защищенных участков сети.

Также разрешается не устанавливать аппараты защиты на ответвлениях от групповых линий к светильникам и от силовых сетей станков к светильникам местного освещения, питаемым без понижающего трансформатора, если эти линии защищены аппаратами на ток не выше 20 А, а силовые сети — на ток не более 25 А.

Групповые линии сетей внутреннего освещения защищаются аппаратами на ток не более 20 А. Исключение составляют линии, питающие газоразрядные лампы единичной мощности от 250 Вт и выше или лампы накаливания единичной мощности 500 Вт и более. При этом допускается увеличение токов плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматов до 50 А.

В случаях, когда групповые линии защищены аппаратами на токи от 20 до 50 А, разрешается не защищать ответвления к светильникам длиной до 3 м при любом способе проводки и без ограничения длины — при прокладке проводов ответвления в стальных трубах.

¹ Разумеется, что рабочий ток линии не должен превышать пропускной способности проводника.

Для ограничения числа участков сети, отключаемых при авариях, рекомендуется также устанавливать аппараты защиты в начале стояков питающей сети, в местах разветвления питающей линии на три направления и более.

Аппараты защиты в сетях напряжением выше 36 В необходимо устанавливать во всех фазных проводах.

В двухпроводных линиях групповых сетей, питающих светильники, установленные во взрывоопасных помещениях класса В-I, аппараты защиты следует устанавливать также и в нулевых проводах. При этом для заземления должен быть проложен третий провод.

В нулевых проводах трех- и четырехпроводных линий установка аппаратов защиты запрещается. В сетях 12—36 В аппараты защиты следует устанавливать во всех незаземленных проводах.

4-12. ЗАЗЕМЛЕНИЕ

С точки зрения опасности поражения электрическим током, осветительные установки занимают особое место. Ведь нет помещений, в которых не было бы освещения, а следовательно, и составляющих его элементов: светильников, штепсельных розеток, выключателей, осветительной сети и пр., с которыми от времени до времени соприкасаются люди.

В сетях с глухозаземленной нейтралью (рис. 4-7) наибольшая опасность поражения электрическим током возникает при появлении напряжения на нормально нетоковедущих частях осветительной установки. Причиной появления опасного напряжения является обычно неисправность изоляции сети, что часто приводит к замыканию одной из фаз сети на «корпус» (например, на металлическую оболочку светильника). При прикосновении человека к оказавшейся под напряжением части установки через его тело может протекать опасный ток (цепь тока образует тело человека и земля). Ток, протекающий через тело человека, будет определяться сопротивлением человека относительно земли, складывающимся из сопротивления тела человека, обуви и пола и сопротивления заземления нейтрали R_n^1 . Опасность мо-

жет значительно увеличиться, если поблизости находятся заземленные металлические массы (технологическое оборудование, водопровод, трубы или приборы отопления и т. д.), из-за возможности одновременного прикосновения к находящейся под напряжением части установки и заземленному предмету.

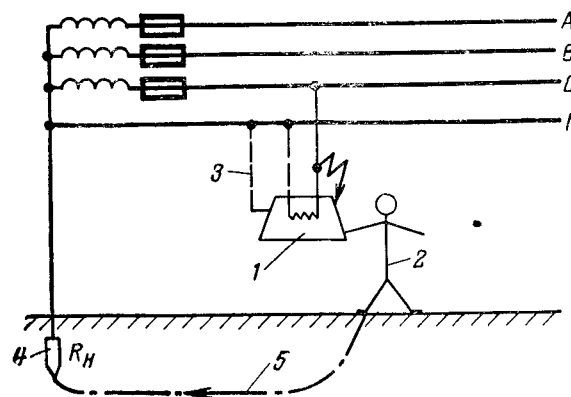


Рис. 4-7. Заземление в сетях с глухим заземлением нейтрали.
1 — корпус светильника; 2 — человек; 3 — заземляющий проводник; 4 — заземлитель нейтрали; 5 — путь тока.

Для предотвращения опасности поражения электрическим током все металлические нормально нетоковедущие части осветительных установок заземляют, т. е. электрически соединяют с заземленной нейтралью трансформатора или генератора.

В сетях с наглухо заземленной нейтралью (рис. 4-7) соединение корпуса светильника с нулевым проводом (заземление) приводит при пробое фазы на «корпус» к однофазному короткому замыканию. Аппарат защиты фазы немедленно отключает поврежденный участок, и очаг опасности ликвидируется.

В осветительных сетях напряжением выше 36 В заземление металлических нормально нетоковедущих частей осветительных установок должно выполняться во всех помещениях с повышенной опасностью и особо опасных и в наружных установках. Во взрывоопасных установках заземление выполняется при всех значениях, в том числе и при 12 и 36 В.

¹ Сопротивлением проводов пренебрегаем.

Заземлению подлежат металлические нормально нетоковедущие части щитков, аппаратов, осветительных арматур, конструкций для прокладки проводок, оболочки кабелей, стальные трубы электропроводки и т. п.

В помещениях без повышенной опасности выполнять заземление не следует, так как в этих условиях ток через тело человека не может достигнуть опасного значения. И наоборот, заземление в таких установках будет возможным источником опасности, возникающей при одновременном прикосновении к заземленному корпусу и токоведущим частям. Именно поэтому заземление не требуется в жилых и общественных помещениях с нормальной средой и непроводящими полами. По той же причине заземлению не подлежат металлические части осветительных арматур и конструкций для проводок, устанавливаемые на деревянных столбах. В жилых и общественных зданиях заземление металлических нормально нетоковедущих частей осветительной установки предусматривается только в подвалах, на лестницах, чердаках и в технических помещениях (вентиляционных камерах, насосных и т. п.). В общественных зданиях, кроме того, заземляются светильники, встроенные в подвесные потолки, выполненные с применением металлических элементов, соединенных с металлоконструкциями здания.

В сетях с заземленной нейтралью для заземления используются рабочие нулевые провода сети. Их использование не разрешается только во взрывоопасных помещениях класса В-I, в которых для заземления прокладываются специальные заземляющие проводники.

В трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью в невзрывоопасных помещениях в качестве рабочего нулевого и заземляющего провода разрешается использовать алюминиевые оболочки трехжильных силовых кабелей, если ток в нулевом проводе линии не превышает 75% тока, допустимого для фазной жилы данного кабеля.

При обрыве нулевого провода и пробое на «корпус» оборудования за местом обрыва провода прикосновение к любому заземленным металлическим частям равносильно прикосновению к токоведущему фазному проводу. Даже если пробоя не произошло, потенциал на оборудовании может быть занесен через нить лампы накаливания.

Для предотвращения опасных последствий обрыва нулевого провода выполняется повторное заземление нулевого провода на концах воздушных линий, а также и по длине воздушных линий через каждые 250 м.

Для устройства повторных заземлений нулевого провода следует в первую очередь использовать естественные заземлители: проложенные в земле стальные трубы водопровода и других сетей, за исключением трубопроводов с горючими или взрывчатыми жидкостями и газами, соединенные с землей металлические конструкции зданий и т. д.

При создании искусственных контуров заземления забивка заземлителей в грунт производится так, чтобы расстояние от верха заземлителя до поверхности земли было 500—600 мм.

В качестве заземлителей применяются стержни из круглой стали диаметром 12 мм, уголки 50×5 мм, некondиционные водогазопроводные трубы диаметром 2—2 1/2", соединенные между собой стальной полосой 40×4 мм.

Сопrotивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом, а в установках, питающихся от генераторов и трансформаторов мощностью до 100 кВ·А, 10 Ом. Сопrotивление заземляющего устройства для повторного заземления нулевого провода должно быть не более 10 Ом.

В установках с заземленной нейтралью проводимость нулевых проводов, используемых в качестве заземляющих, должна быть не менее 50% проводимости фазных проводов. Если нулевой провод является общим для нескольких линий, то его проводимость должна быть не менее 50% проводимости линии с наибольшим сечением. Во всех случаях не следует применять для заземляющих проводников сечений выше 50 мм² — медных, 70 мм² — алюминиевых и 80 мм² — стальных проводников.

В однофазных и двухфазных линиях сечения нулевого или заземляющего провода принимаются равными фазному. В трехфазных линиях с пофазным отключением сечение нулевого провода принимается равным сечению наибольшего фазного. При этом в случае применения четырехжильных кабелей или проводов, у которых одна из жил имеет меньшее сечение, чем три остальные, допускается использование в качестве нулевого провода

одной из жил нормального сечения, а в качестве фазного с минимальной нагрузкой — четвертой жилы меньшего сечения.

Для четырехпроводных сетей осветительных установок с люминесцентными лампами и лампами ДРЛ нулевые провода выбираются по расчетному току фазных проводов.

Для защиты от перехода высшего напряжения 220 или 127 В в цепь низшего 12 или 36 В применяют заземление у понижающих трансформаторов одного конца обмотки низшего напряжения или ее средней точки.

Для присоединения сети заземления кожухи щитков, корпуса осветительных арматур, аппаратов и т. п. снабжаются винтами для заземления. Заземление светильника в сети с глухозаземленной нейтралью, выполненное путем присоединения к нулевому рабочему проводу, при открытой прокладке проводов показано на рис. 4-8.

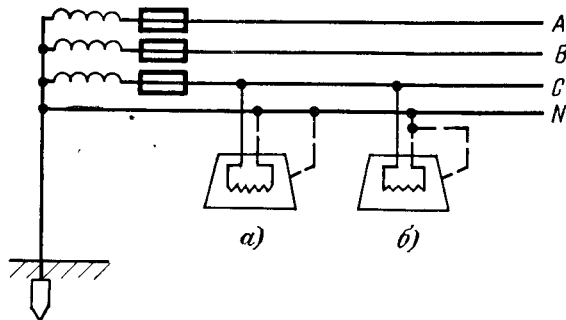


Рис. 4-8. Заземление светильника в сети с глухозаземленной нейтралью.
а — правильное; б — неправильное.

Присоединение корпуса светильника к отрезку нулевого провода на участке от места ответвления от основной линии до светильника запрещается, так как при обрыве нулевого провода на корпус подается фазное напряжение, а короткого замыкания не происходит. Поэтому от места ответвления до винта заземления арматуры прокладывается отдельный провод.

При прокладке защищенных изолированных проводов и кабелей или изолированных проводов в стальных трубах, введенных в корпус светильника через специаль-

ную деталь, присоединение нулевого провода к корпусу светильника выполняется непосредственно в светильнике.

В целях безопасности присоединение нулевого провода должно производиться обязательно к винтовой гильзе патронов для ламп накаливания и ДРЛ, наиболее доступной для прикосновения.

4-13. УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ

В помещениях с небольшим числом светильников управление освещением, т. е. включение и отключение ламп, осуществляется выключателями, устанавливаемыми внутри или вне помещения. Разрывая электрическую цепь, выключатель может вызвать искрение. Поэтому в пожаро- и взрывоопасных помещениях, в которых искрение может явиться причиной пожара или взрыва, выключатели следует выносить из помещения. Выключатели устанавливаются также вне особо сырых помещений (душевых) и нормально запертых помещений (склады, вентиляционные камеры и т. д.).

В помещении с числом светильников более двух желательно устанавливать не менее двух выключателей для управления светильниками, находящимися на разном удалении от окон. Это делается в целях экономии электроэнергии и позволяет в сумерки не включать светильники, установленные вблизи окон. В помещениях без естественного света установка нескольких выключателей обеспечивает возможность замены лампы в отключенных светильниках при свете других ламп.

Установка выключателей производится либо у дверного проема (со стороны ручки двери), либо, если помещение имеет большую протяженность, на его стенах или колоннах.

Выключатели устанавливаются только в фазных проводах сети. Выключатели, разрывающие один провод (фазу), называются однополюсными. При необходимости одновременного разрыва двух или трех фаз применяются соответственно двух- и трехполюсные выключатели. Двухполюсные выключатели должны применяться в случаях включения светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на линейное напряжение (две фазы).

В некоторых случаях возникает необходимость управления освещением помещения из двух или большего числа мест (коридоры, галереи, туннели с двумя и более входами). На рис. 4-9 приведена схема управления из двух мест с помощью переключателей.

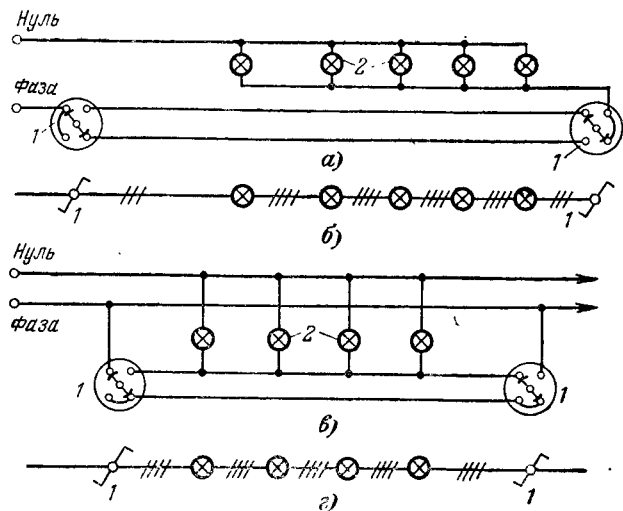


Рис. 4-9. Схемы управления освещением из двух мест. а и в — многолинейные схемы; б и г — однолинейные схемы. Черточки на линиях обозначают количество проводов. Два провода черточками не обозначены. 1 — переключатель; 2 — светильник.

В помещениях большой площади (несколько сотен или тысяч квадратных метров) управление освещением удобно осуществлять дистанционно или выключателями групповых щитков. Если групповые щитки укомплектованы только предохранителями, то выключатели устанавливаются на каждой групповой линии и размещаются вблизи щитка.

Дистанционное централизованное управление освещением, т. е. управление освещением из ограниченного количества мест (одно или два), расположенных на некотором, часто значительном удалении от щитов, устраивается для очень крупных цехов, крупных общественных зданий, территорий городов, поселков и больших территорий промпредприятий.

При дистанционном управлении освещением в линиях питающей сети устанавливаются магнитные пускатели или контакторы.

Замыкание и размыкание главных контактов магнитного пускателя осуществляются встроенным в него электромагнитом. При протекании тока по обмотке (катушке) электромагнита сердечник намагничивается и притягивает якорь, механически связанный с главными контактами магнитного пускателя, главные контакты замыкаются и включают цепь питания светильников.

На рис. 4-10 приведена схема дистанционного управления освещением при помощи магнитного пускателя. Катушка пускателя *Л* включена между фазой и нулевым проводом через предохранитель *П*, выключатель *В* и избиратель управления *ИУ* (переключатель на два положения).

Параллельно катушке присоединяется сигнальная лампа *ЛС*, включенная через замыкающий блок-контакт пускателя *Л*. При установке избирателя управления в положение *Д* (дистанционное управление) включение магнитного пускателя осуществляется выключателем *В*, установленным на пульте управления. При переводе избирателя в положение *М* (местное управление) напряжение на катушку пускателя подается независимо от положения выключателя, что позволяет в процессе эксплуатации проверять работу схемы непосредственно с места установки пускателя. Избиратель управления и предохранитель устанавливаются рядом с пускателем. При срабатывании пускателя замыкается его блок-контакт и включается установленная на пульте управления лампа *ЛС*, сигнализируя о включении.

Как видно из схемы, между местом установки пускателя и пультом управления необходимо проложить сети управления и сигнализации. Так как питание освещения может производиться от нескольких трансформаторных подстанций, удаленных друг от друга, протяженность сети управления и сигнализации может оказаться значительной.

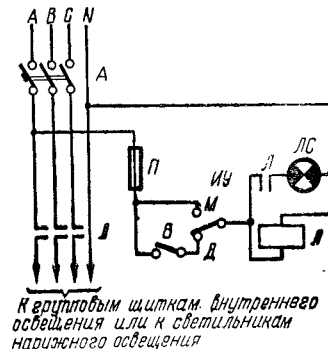


Рис. 4-10. Принципиальная схема дистанционного управления освещением.

Пункт дистанционного управления освещением размещается обычно в помещениях дежурного персонала (диспетчерской АТС и др.). Для сетей управления могут прокладываться силовоточные провода и кабели.

Снижение сечений сетей управления может быть достигнуто введением в схему дополнительных аппаратов — маломощных промежуточных реле, контакты которых включаются в цепь питания катушек пускателей. Тогда с пульта управления производится подача питания на катушки реле, в результате чего последовательно происходят замыкание контактов реле и включение магнитных пускателей. Управление и сигнализацию в схемах с промежуточными реле удобно и выгодно осуществлять с использованием свободных пар телефонной сети. В этом случае питание цепей управления производится при сниженном напряжении (до 60 В) постоянным током во избежание помех в телефонной сети.

Весьма рациональны каскадные схемы дистанционного управления, при которых резко сокращается прокладка специальных сетей управления. Это достигается включением катушек пускателей, установленных на каждом последующем пункте питания, в групповую сеть освещения, питаемую от предыдущего пункта. Такие схемы используются в сетях наружного освещения.

Для управления установками наружного освещения большой протяженности (крупные территории предприятий, города) применяют и более совершенные и сложные схемы телемеханического управления, где один канал связи используется для передачи большого количества сигналов и импульсов.

В последнее время для управления наружным освещением стали использоваться различные фотоэлектрические устройства, автоматически включающие освещение вечером и выключающие его с наступлением рассвета в зависимости от заданной интенсивности естественного освещения. Такие фотоавтоматы, датчиками которых являются фотоэлементы или фоторезисторы, включаются в цепи управления магнитными пускателями.

Для автоматического управления освещением применяются также устройства с часовым механизмом, замыкающие и размыкающие цепи управления в заданное

время суток (программные реле времени). В частности, фотоавтоматы и реле времени используются в жилых домах повышенной этажности для управления освещением лестничных клеток и дворовой территории.

Вопросы для проверки

1. Какие системы и виды освещения Вы знаете? Дайте определение каждому понятию.
2. Какие условия видимости обеспечиваются нормами освещенности для основной группы точных зрительных работ?
3. В зависимости от чего определяется величина освещенности на рабочем месте?
4. Какие характеристики качества освещения нормируются в СНиП II-A. 9-71?
5. Что такое коэффициент запаса, от чего зависит его выбор?
6. С помощью какого прибора измеряется освещенность? Каковы основные правила работы с прибором?
7. Что такое «наивыгоднейшее» расположение светильников» и как оно производится?
8. Какова последовательность выполнения расчета освещения по удельной мощности?
9. Какие документы, содержащие основные электротехнические правила, Вы знаете?
10. Расскажите о классификации помещений по условиям среды и с точки зрения опасности поражения электрическим током.
11. Какая система напряжения получила наибольшее распространение для питания осветительных установок?
12. Какие требования (по напряжению и конструкции светильников) предъявляются к осветительной установке, выполненной в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных?
13. Назовите регламентируемые пределы отклонений напряжения от номинала у наиболее удаленных ламп.
14. Какие источники питания считаются независимыми? Изобразите наиболее распространенные схемы питания осветительных установок.
15. Как определяются значения токов, длительно допустимых для проводов и кабелей?
16. Каково назначение аппаратов защиты, где их следует устанавливать?
17. В чем заключается расчет электрической сети? На основе каких требований производится выбор сечений проводников?
18. Дайте определение «установленной» и «расчетной» мощности. Что такое «потеря напряжения»? Напишите формулу сечения проводника, определенную по потере напряжения.
19. Для чего применяется и каким образом выполняется заземление в сетях с глухозаземленной нейтралью?
20. Расскажите об управлении освещением.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

5-1. ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА. ПРОЖЕКТОРЫ

Промышленностью выпускаются осветительные приборы (осветительные арматуры и прожекторы) для разных источников света, отличающиеся друг от друга назначением, светотехническими схемами и характеристиками, конструктивным исполнением и внешним видом.

Следует особо отметить направленность конструкций выпускаемых светильников на облегчение монтажа и обслуживания их в процессе эксплуатации.

Ниже приводится краткое описание конструкций и в качестве иллюстрации рисунки некоторых основных групп светильников, широко применяемых в осветительных установках.

Светильники с лампами накаливания и ДРЛ. Основными конструктивными элементами этой группы светильников являются:

1) вводный узел, служащий в ряде случаев и узлом установки;

2) пластмассовый или металлический корпус, внутри которого на скобе или ниппеле укрепляются патроны с резьбой гильзы Е27 или Е40;

3) отражатель; рассеиватель; преломлятель; экранирующая решетка. Эти элементы образуют светотехническую схему светильника. От того или другого сочетания их зависят основные характеристики светильника: кривая силы света, к. п. д., защитный угол;

4) защитные стекла и сетка. Эти элементы служат для защиты источника света от механических воздействий, а защитное стекло — еще и для предохранения внутренней полости светильника от попадания в нее пыли и воды.

В светильниках применяются вводные узлы с двухполюсным штепсельным соединением 10 А, 250 В с плоскими токовым и заземляющим контактами типа ШВС-20 (рис. 5-1) и с клеммными колодками типа

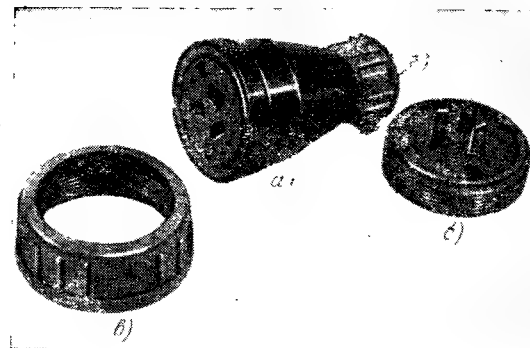


Рис. 5-1. Штепсельное соединение ШВС-20.

а — штепсельная розетка; б — штепсельная вилка; в — накидная гайка, соединяющая розетку и вилку; г — накидная гайка с резьбой 3/4".

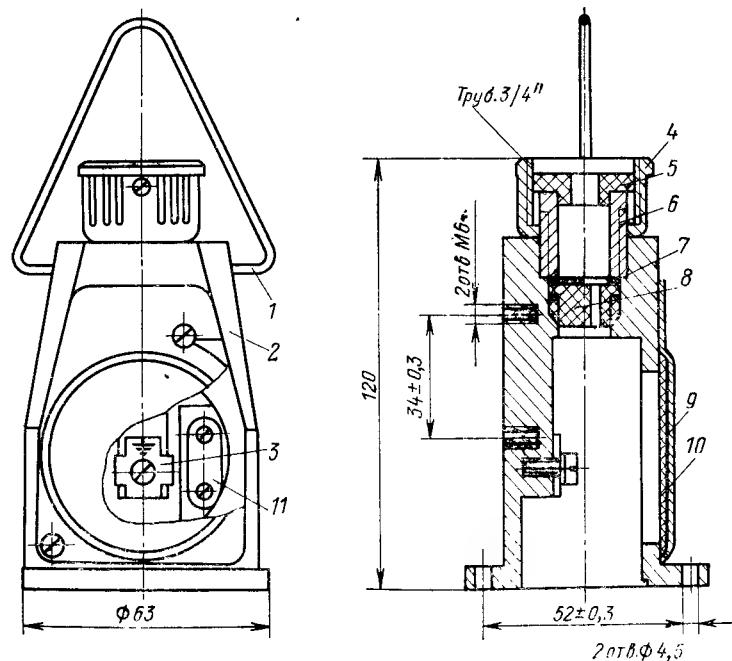


Рис. 5-2. Вводный узел с клеммными колодками.

1 — скоба; 2 — корпус; 3 — контактный зажим заземления; 4 — накидная гайка; 5 — уплотняющая втулка; 6 — втулка сальника; 7 — шайба; 8 — кольцо уплотнительное; 9 — крышка; 10 — уплотняющая прокладка; 11 — клеммная колодка.

Св-1-4,0 (рис. 5-2). Оба вводные узла допускают:

1) ввод через сальниковое уплотнение кабелей с наружным диаметром от 10 до 14 мм или трех проводов с наружным диаметром от 3,5 до 5,5 мм с медными или алюминиевыми жилами сечением до 4 мм²;

2) установку на трубу с условным проходом 20 мм и резьбой 3/4"; подвеску на крюк; установку на монтажный профиль (только вводный узел с клеммными колодками).

Серия подвесных светильников «Астра». Подвесные светильники «Астра» применяются для общего и местного освещения промышленных предприятий с нормальными и тяжелыми условиями среды. В серию входят светильники прямого света 13 типоразмеров симметричного и несимметричного светораспределения,

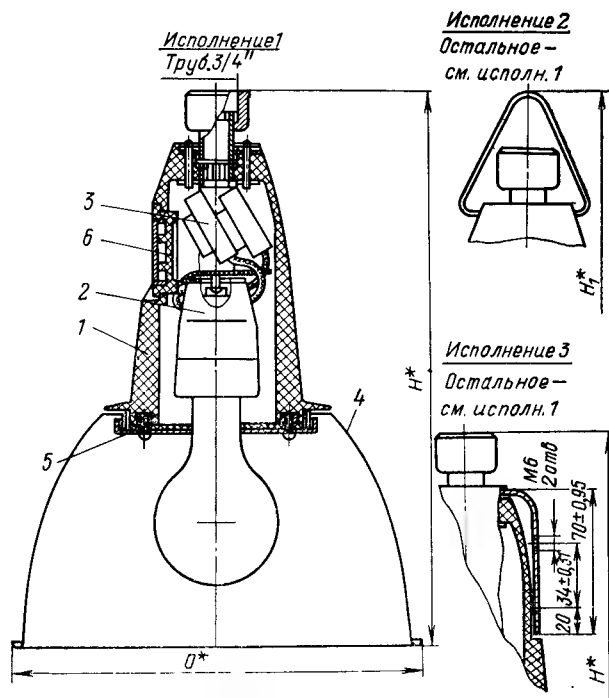


Рис. 5-3. Светильник «Астра».

Исполнение 1 — крепление на трубу с резьбой 3/4"; исполнение 2 — подвеска на крюк; исполнение 3 — крепление на монтажный профиль.

с косинусной кривой силы света, с лампами накаливания до 200 Вт и ДРЛ до 125 Вт, разных исполнений по роду защиты от воздействия окружающей среды.

Конструкция светильника «Астра» приведена на рис. 5-3. Светильник состоит из пластмассового корпуса 1, внутри которого установлены фарфоровый патрон с боковым вводом проводов 2 и клеммная колодка 3. Крепление патрона к скобе осуществлено винтом через отверстие в доньшке патрона и полностью исключает проворачивание его при ввертывании и вывертывании лампы. Клеммная колодка допускает присоединение к ней как медных, так и алюминиевых жил проводов (кабелей) сечением до 2,5 мм². Доступ к клеммной колодке осуществляется через отверстие в корпусе, закрываемое крышкой 6. Стальные эмалированные отражатели 4 крепятся к унифицированному для всех светильников корпусу с помощью экрана 5. Съем и установка отражателя осуществляются без применения инструмента. При съеме отражатель нужно поднять вверх и, повернув в направлении против часовой стрелки, снять, не трогая лампы. Установка отражателя выполняется в обратном порядке. Эмалированные отражатели легко очищаются от грязи и после чистки сохраняют исходные характеристики.

На рис. 5-4 и 5-5 показаны общие виды светильников симметричного светораспределения «Астра-1» и несимметричного одностороннего светораспределения «Астра-2». На рис. 5-6 показан светильник «Астра-32». В светильниках «Астра-32» выходное отверстие перекрыто защитным стеклом, соединенным хомутом с краем отражателя. В этих светильниках для доступа к лампе отражатель снимается, как указано выше, и повисает на цепочках, соединяющих его с корпусом. Карабины на концах цепочек со стороны отражателя позволяют отсоединить его от корпуса.

Зарядка светильников на участке между клеммами патрона и клеммной колодкой выполняется на заводе-изготовителе проводом марки ПРКС. Ввод в светильники возможен небронированным кабелем с уплотнением его в сальнике по оболочке диаметром от 10 до 14 мм или тремя проводами от 3,5 до 5,5 мм, проложенными в трубе с условным проходом 20 мм.

Серия светильников УП-24, УПМ-15 и У-15. Это светильники прямого света с косинусной кривой силы све-

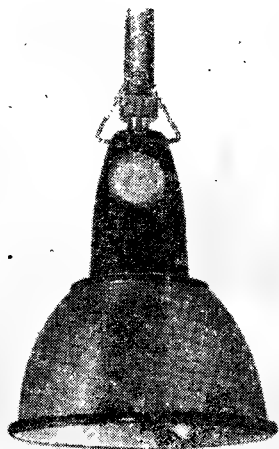


Рис. 5-4. Светильник «Астра-1» для ламп накаливания до 100 Вт.

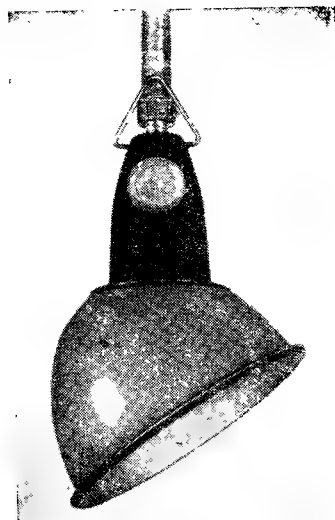


Рис. 5-5. Светильник «Астра-2» для ламп накаливания до 100 Вт.

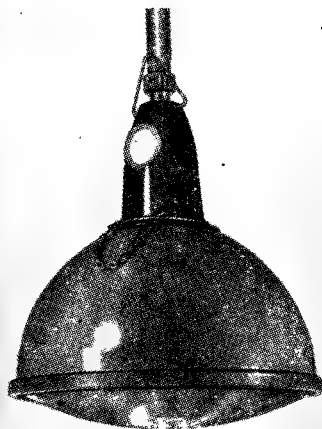


Рис. 5-6. Светильник «Астра-32» для ламп накаливания до 200 Вт.

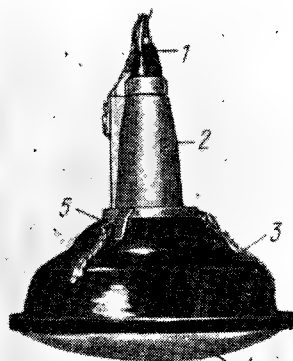


Рис. 5-7. Светильник УП-24.
1 — вводный узел; 2 — корпус; 3 — отражатель; 4 — защитное стекло;
5 — замок и цепочка.

та с лампами накаливания 300 и 500 Вт для общего освещения промышленных предприятий с тяжелыми и нормальными условиями среды.

Светильник подвесной пылезащищенный типа УП-24 (рис. 5-7) имеет защитный угол 15° и к. п. д. не менее 65%. Уплотнение его внутреннего объема достигается с помощью прозрачного защитного стекла, перекрывающего выходное отверстие эмалированного отражателя, уплотняющих прокладок между металлическим корпусом и отражателем и уплотнением проводов (кабеля) в месте их ввода. Доступ к лампе и съем отражателя обеспечиваются легко открывающимися замками, крепящими отражатель к корпусу, а цепочка, соединяющая их, на которой повисает отражатель, облегчает и ускоряет работы по замене ламп.

Светильники выпускаются двух исполнений по типу вводного узла: со штепсельным соединением и клеммной колодкой. Конструкция узла установки позволяет крепление светильника на трубу с резьбой $3/4"$, на монтажный профиль и подвеску на крюк. Зарядка на участке между клеммными зажимами патрона, вилки штепсельного разъема или зажимной колодки выполняется заводом-изготовителем проводом ПРКС сечением $0,75 \text{ мм}^2$.

Светильник подвесной брызгозащищенный и частично пылезащищенный типа УПМ-15 (рис. 5-8) имеет защитный угол 15° и к. п. д. не менее 75%. Корпус и отражатель эмалированные. Съем отражателя осуществляется без применения инструментов. Полость патрона защищена от попадания в нее пыли и брызг воды резиновым кольцом, плотно облегающим шейку колбы лампы, и уплотнением проводов (кабеля) в месте ввода.

Вводное устройство принято с зажимной колодкой. Зарядка осуществляется проводом ПРКС сечением $0,75 \text{ мм}^2$.

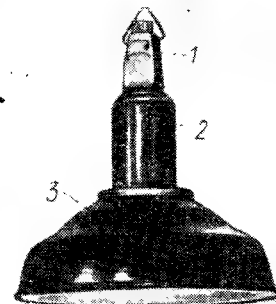


Рис. 5-8. Светильник УПМ-15.
1 — вводный узел; 2 — корпус; 3 — отражатель.

Светильник подвесной, не защищенный от пыли и брызг воды типа У-15 (рис. 5-9) имеет эмалированный отражатель и рассеиватель из матированного или молочного стекла и соответственно к. п. д. 60 или 50%. Съем отражателя и рассеивателя для доступа к лампе

и для мойки осуществляется без применения инструмента. Как и в светильнике УП-24, цепочка, соединяющая отражатель с корпусом, служит для облегчения и ускорения работ по замене ламп. Вводное устройство аналогично принятому для УПМ-15.

Серия подвесных брызгозащищенных и частично пылезащищенных светильников УПД. Это светильники прямого света с косинусной кривой силы света с лампами накаливания 500, 1000 и 1500 Вт или с лампами ДРЛ соответственно 250, 400 и 700 Вт для освещения пыльных и влажных производственных помещений.

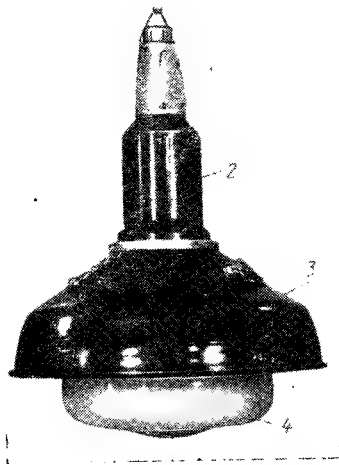


Рис. 5-9. Светильник У-15.

1 — вводный узел; 2 — корпус; 3 — отражатель; 4 — рассеиватель.

Светильники УПД (рис. 5-10) с защитным углом 30° и к. п. д. 75% состоят из вводного узла, в зависимости от исполнения со штепсельным соединением 1 или с клеммной колодкой 5, пластмассового корпуса 2, в котором закрепляется фарфоровый патрон, эмалированного отражателя 4 и уплотнительной прокладки из термостойкой резины 3 для защиты внутренней полости корпуса от попадания в нее пыли и влаги.

Отражатель 4 крепится к корпусу 2 с помощью одного легко открывающегося замка. Для снятия отражателя нужно вывинтить лампу, открыть замок (при этом отражатель повисает на скобе), приподнять отражатель и освободить его от зацепления со скобой.

Серия светильников УПС. Светильники УПС прямого света несимметричного светораспределения с лампами накаливания 500 и 1000 Вт или с лампами ДРЛ соответственно 250 и 400 Вт для освещения вертикаль-

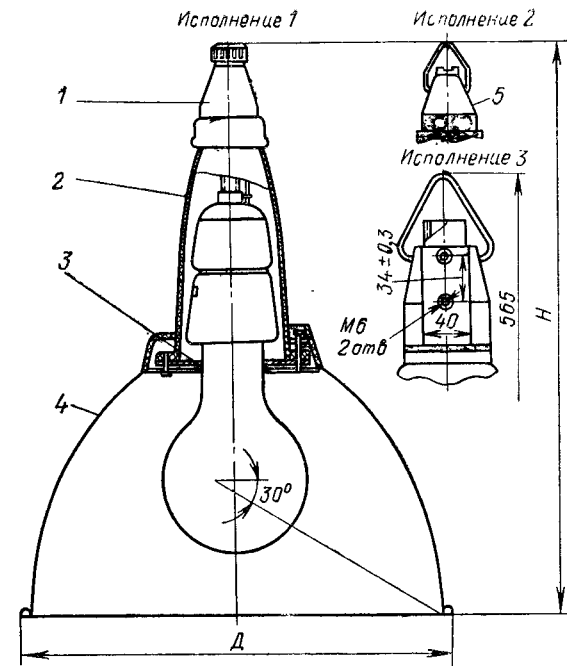


Рис. 5-10. Светильник УПД.

ных и наклонных поверхностей оборудования в пыльных и влажных производственных помещениях.

Светильники УПС (рис. 5-11) имеют унифицированные со светильниками УПД вводные узлы и корпуса и отличаются от них только формой отражателя.

Серия подвесных пылезащищенных светильников типа ППД и ППР. Это светильники прямого света с косинусной кривой силы света (типа ППД) и преимущественно прямого света (типа ППР) с лампами накаливания до 100 Вт (ППД, ППР-100), до 200 Вт (ППД, ППР-200), до 500 Вт

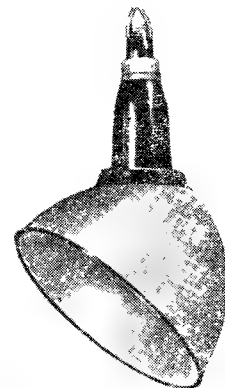


Рис. 5-11. Светильник УПС.

(ППД, ППР-500) для освещения производственных помещений, в которых по роду технологического процесса может находиться во взвешенном состоянии тонкая пыль.

Светильники типа ППД (рис. 5-12) состоят из вводного узла 1 со штепсельным соединением или с клем-

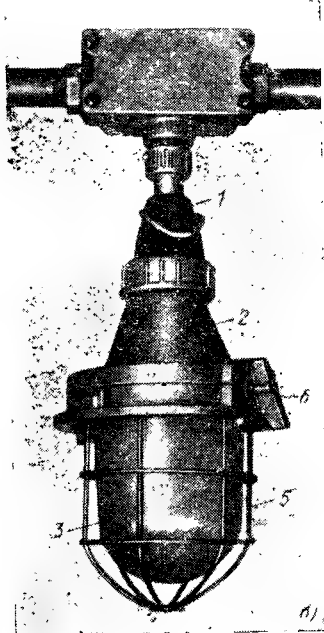
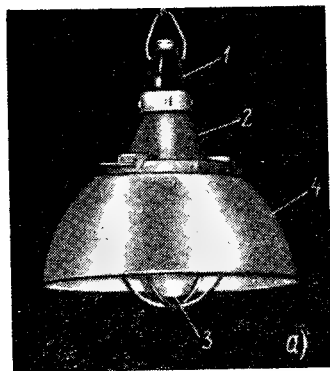


Рис. 5-12. Светильник ППД (ППР).
а — ППД-100; б — ППР-100; в — ППР-100 с откинутым рассеивателем.

мной колодкой, литого металлического корпуса 2, внутри которого установлен фарфоровый патрон, защитного прозрачного стекла 3, отражателя 4 и защитной сетки 5. Металлическое кольцо с защитным стеклом и

сеткой прижимается к корпусу светильника через уплотняющую прокладку при помощи кулачковых замков 6. Замки открываются вручную поворотом рукояток в положение, обозначенное имеющимися на них указателями. При открытых замках защитное стекло опускается по направляющей скобе и отклоняется в сторону (рис. 5-12, в), открывая доступ к лампе. Для отделения стекла его нужно повернуть на угол 90° и потянуть на себя. Отражатели снимаются и надеваются без инструментов.

Светильники типа ППР отличаются от светильников ППД отсутствием отражателя и защитного стекла, вместо которого устанавливается той же формы рассеиватель из матированного или молочного стекла.

Имеются исполнения светильников ППД и ППР с лампами до 100 и 200 Вт, в которых один из трех кулачковых замков не имеет поворотной рукоятки и может быть открыт только специальным ключом, поставляемым со светильниками.

Светильники ППД и ППР-500 могут работать с лампами ДРЛ 250 Вт с независимым пускорегулирующим аппаратом.

Светильник подвесной типа ППД2-500. Светильник пылезащитный прямого света с косинусной кривой силы света с лампой накаливания 300 и 500 Вт или с лампой ДРЛ 250 Вт для общего освещения производственных помещений с большим содержанием пыли и влаги.

Светильник (рис. 5-13) состоит из вводного узла со штепсельным соединением или с клеммной колодкой 1, пластмассового корпуса 2, в котором закрепляется фарфоровый патрон эмалированного отражателя 3 и прозрачного термостойкого защитного стекла, 4, перекрывающего выходное отверстие отражателя. Отражатель соединяется с корпусом

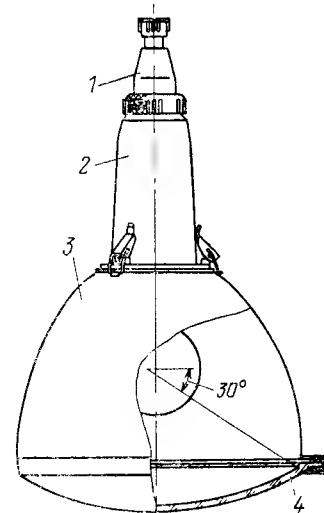


Рис. 5-13. Светильник ППД2-500.

через уплотняющую прокладку с помощью трех прижковых запоров, легко открывающихся вручную. При открытых замках отражатель повисает на цепочках, открывая доступ к лампе. Для того чтобы снять отражатель, его надо отсоединить от удерживающих карабинов.

Светильники повышенной надежности против взрыва Н4БН-150. Светильники предназначены для общего освещения взрывоопасных помещений класса В-Ia и наружных установок класса В-Iг, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, отнесенных к 1, 2, 3 и 4-й категориям групп Т1 и Т2, и для взрывоопасных помещений класса В-II, опасных по пыли*.

Светильники Н4БН-150 с максимальной мощностью ламп накаливания 150 Вт по светораспределению выпускаются двух классов: прямого света с косинусной кривой силы света и преимущественно прямого света. Светильники прямого света с эмалированным отражателем и прозрачным защитным стеклом имеют защитный угол 15° и к. п. д. 55%, светильники преимущественно прямого света без отражателей с матированным защитным стеклом имеют условный защитный угол и к. п. д. не менее 70%.

Светильник Н4БН-150 (рис. 5-14) состоит из литого алюминиевого корпуса 1, к которому крепятся винтами взрывонепроницаемый патрон 2, экран 3, предохраняющий патрон от перегрева, и кольцо 4. Между корпусом 1 и кольцом 4 через уплотнительную прокладку зажимается защитное стекло 5. К кольцу 4 крепятся защитная сетка 6 и отражатель 7.

Вводное устройство светильника, расположенное в верхней части корпуса, имеет круглое отверстие, через которое осуществляется доступ к клеммной колодке 8 и к винту заземления, расположенным внутри вводного устройства. Клеммная колодка допускает подключение алюминиевых или медных жил проводов или кабелей. Отверстие закрывается пластмассовой крышкой на резьбе 9.

Ввод в светильник проводов или кабелей питающей сети в зависимости от способа его установки на подвесе

* Классификация взрывоопасных помещений приведена в гл. VII-3 ПУЭ; классификация взрывоопасных смесей — в гл. VII-3 ПУЭ и в Правилах изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ).

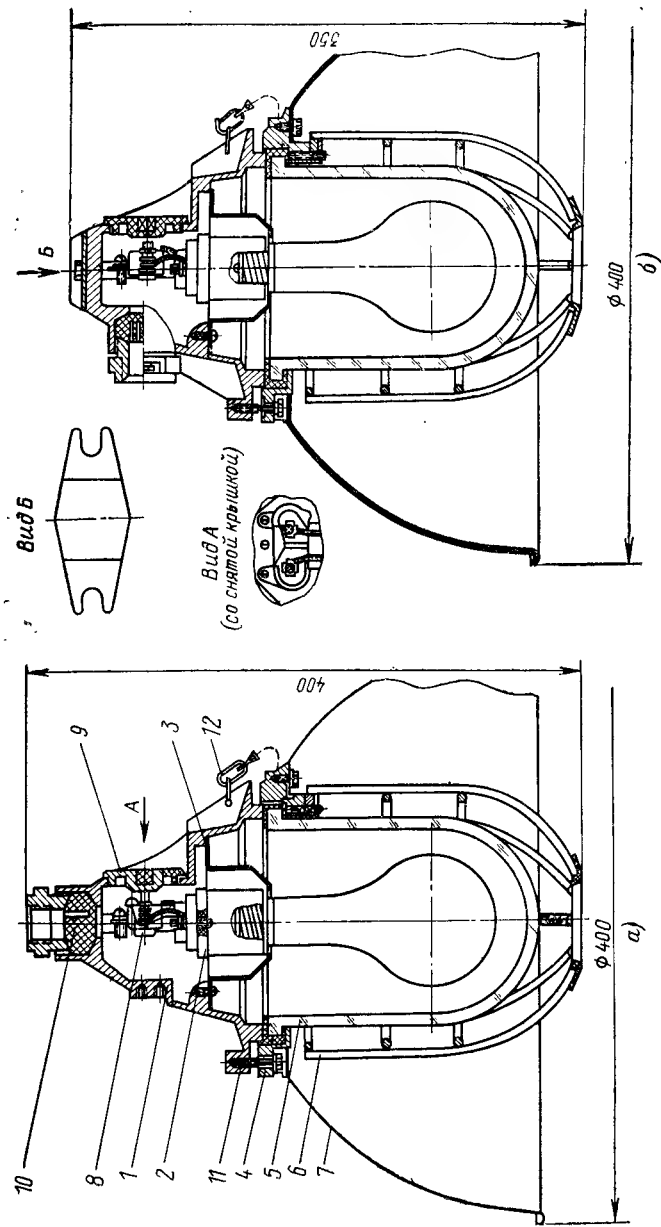


Рис. 5-14. Светильник Н4БН-150.
а — установка на подвесе; б — установка на потолке.

(водогазопроводная труба, монтажный профиль) или вплотную к поверхности потолка осуществляется сверху (рис. 5-14, а) или сбоку (рис. 5-14, б).

Светильники допускают ввод в них небронированных кабелей с уплотнением по оболочке диаметром 10—14 мм или трех проводов диаметром по оболочке 3,5—5,5 мм, проложенных в водогазопроводной трубе с резьбой 3/4". Для уплотнения проводов в светильнике имеется кольцо с тремя отверстиями 10. Кольцо с одним отверстием для уплотнения кабеля упаковывается вместе со светильником.

Отражатель легко, без инструментов снимается после поворота его против часовой стрелки. Для замены лампы после отключения сети нужно снять отражатель, отвернуть четыре невыпадающих болта 11, повернуть до упора против часовой стрелки кольцо 4 и опустить его вместе с сеткой и защитным стеклом вниз, насколько позволит цепочка 12. Так как кольцо не отделяется от корпуса, замена лампы может производиться одним человеком. После опускания кольца стекло можно вынуть для мойки и чистки. Сборка светильника после замены лампы производится в обратной последовательности. Масса светильников с отражателем 7 кг, без отражателя 5 кг. Размеры с отражателем 400×400, без отражателя 230×400 мм.

Светильники взрывонепроницаемые ВЗГ-200 АМ. Светильники предназначены для общего освещения взрывоопасных помещений классов В-I и В-II, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров и пылей с воздухом, отнесенных к 1, 2 и 3-й категориям групп Т1, Т2 и Т3. Светильники могут применяться и в наружных установках класса В-Ig с установкой под навесом (козырьком). Максимальная мощность лампы в светильнике 200 Вт.

Светильник ВЗГ-200АМ (рис. 5-15) прямого света состоит из вводного устройства с клеммными зажимами 1, крышки 2 и корпуса 3 из алюминиевого сплава, кольца 4 из листового алюминия, стеклянного защитного термостойкого стекла 5, отражателя 6 и защитной сетки 7. Корпус, защитное стекло и уплотняющая прокладка между ними закатываются кольцом 4, образуя неразъемный узел светильника.

Ввод в светильник сверху возможен кабелем с уплотнением его в сальнике 8 или тремя проводами.

проложенными в водогазопроводной трубе с условным проходом 20 мм и резьбой 3/4". Зарядка светильника на участке между клеммными зажимами взрывонепроницаемого патрона, установленного в крышке 2, и клеммными зажимами в водном устройстве 1 осуществляется проводом марки ПРКС при изготовлении светильника.

Серия подвесных светильников «Гелиос» типа ИСП-01. Светильники прямого света с кварцевыми галогенными лампами мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт для освещения высоких пролетов производственных помещений с нормальными условиями среды.

Светильник (рис. 5-16) состоит из вводного устройства с клеммными колодками 1, корпуса 2 с воздухоотключающим устройством, эмалированного отражателя 3 и экранирующей решетки 4.

Защитные углы светильника в поперечной и продольной плоскостях, образуемые отражателем и решеткой, 15°; к. п. д. светильника 75%. Экранирующая решетка легко откидывается и поворачивается вертикально, благодаря чему обеспечивается легкий доступ к отражателю и лампе для съема и замены.

Наряду со светильниками только с лампами накаливания и другими, пригодными как для ламп накаливания, так и для ламп ДРЛ, выпускаются светильники, рассчитанные для применения в них только ртут-



Рис. 5-15. Светильник взрывонепроницаемый ВЗГ-200 АМ.

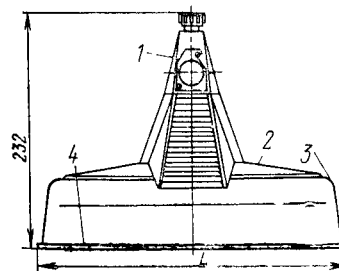


Рис. 5-16. Светильник «Гелиос» типа ИСП-01.

ных ламп. К этой группе относятся серия подвесных светильников СЗДРЛ и СДДРЛ с лампами 250, 400, 700 и 1000 Вт для общего освещения производственных помещений с нормальными условиями среды (рис. 5-17), светильники типа СД2РТС с лампами мощностью 400, 700 и 1000 Вт для общего освещения производственных помещений с тяжелыми условиями среды (сырых, жарких, пыльных), серия светильников ГХР, ГСХР и ГкХР для помещений с химически активной средой, зеркальный светильник типа РСУ с лампами 250 и 400 Вт (рис. 5-18) и др.

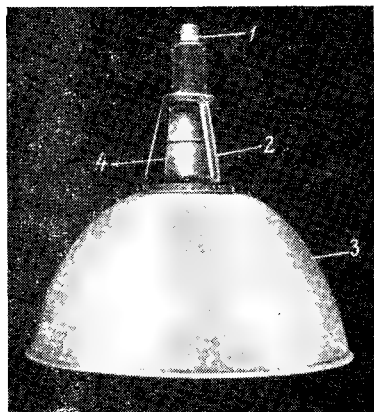


Рис. 5-17. Светильник СД2ДРЛ-1000.
1 — вводный узел; 2 — корпус стальной;
3 — отражатель алюминиевый диффуз-
ный; 4 — патрон фарфоровый.

Светильники с люминесцентными лампами. Основными конструктивными элементами этой группы светильников являются: металлический корпус с узлами установки; панель металлическая, на которой находятся пускорегулирующий аппарат, ламподержатели, стартеродержатели и провода электрической

схемы светильника; отра-

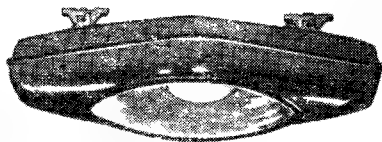


Рис. 5-18. Светильник подвесной с лампами
ДРЛ 250 и 400 Вт типа РСУ.

Серия подвесных и потолочных светильников ЛД. Эти светильники применяются для общего освещения производственных помещений с нормальными условиями среды.

В серию входят открытые подвесные и потолочные светильники прямого и преимущественно прямого света, рассчитанные на работу с двумя люминесцентными лампами 40 и 80 Вт.

Светильники серии выпускаются следующих исполнений: со сплошным отражателем без решетки (ЛД); со сплошным отражателем с решеткой (ЛДР); с отражателем с двумя рядами прямоугольных отверстий в верхней части без решетки (ЛДО); с отражателем с двумя рядами прямоугольных отверстий в верхней части с решеткой (ЛДОР).

Светильник ЛДОР, изображенный на рис. 5-19, состоит из стального штампованного корпуса 1 с установленными в нем розеткой штепсельного разъема и скобами для крепления панели; узлов установки 2, до-

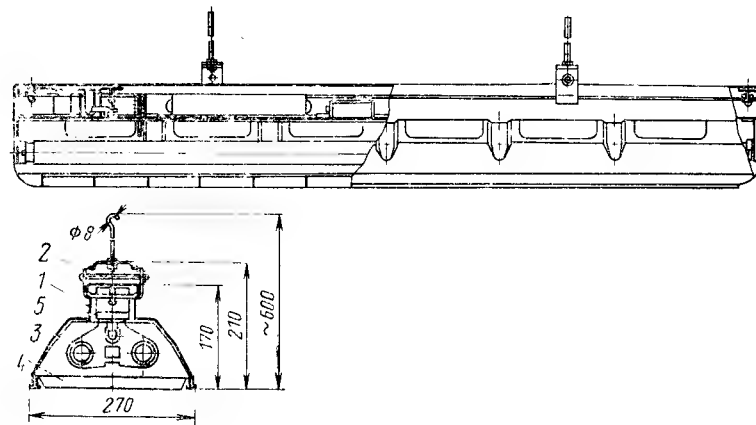


Рис. 5-19. Светильник ЛДОР-2x40.

пускающими крепление светильника непосредственно к потолку или подвеску на штангах на крюки. Узлы установки могут перемещаться и фиксироваться в любом месте по длине корпуса; панели 5, на которой смонтированы элементы схемы, указанные выше, вилка штепсельного разъема и замки крепления панели к корпусу и

отражателя к панели; отражателя 3 и цельноштампованной металлической экранирующей решетки 4, обеспечивающей защитные углы 15° в поперечной и продольной плоскостях.

Панель крепится к корпусу пружинным замком. При закрытой панели вилка и розетка штепсельного разъема электрически соединены. Для профилактического осмотра электрической схемы нужно, не отключая светильник, открыть замок и опустить панель, которая при этом повисает на крюке, установленном в корпусе. Для снятия панели (для ее замены) ее нужно отвести дальше назад и освободить от зацепления с крюком.

Отражатель крепится к панели двумя поворотными защелками, которые обеспечивают его легкий съем и замену. Экранирующая решетка легко открывается и повисает на отбортовке края длинной стороны отражателя при смене ламп и легко снимается для чистки.

Светильники могут устанавливаться индивидуально или соединяться между собой, образуя светящиеся линии — непрерывные или с небольшими разрывами. В двух последних случаях провода питающих электрических сетей рабочего и аварийного освещения могут быть проложены в соединенных между собой соединительными скобами или патрубками корпусах светильников. Ответвления от линий групповых сетей к светильникам осуществляются через розетки штепсельных разъемов, к которым провода сети присоединяются без разрезания.

Серия подвесных и потолочных светильников ПВЛМ. Эти светильники применяются для общего освещения сырых и пыльных, в том числе пожароопасных, производственных помещений.

В серию входят подвесные и потолочные светильники с ограниченной пылезащищенной зоной прямого и преимущественно прямого света с одной или двумя обычными или рефлекторными люминесцентными лампами 40 и 80 Вт свыше 50 типоразмеров. Исполнения светильников по типу и количеству ламп и светотехническим схемам указаны в табл. 5-1.

Светильник ПВЛМ-ДОР (рис. 5-20) состоит из корпуса 1, панели, экранирующей решетки 2, отражателя 3 и узла подвеса 4. В корпусе светильника установлена розетка штепсельного разъема, предназначенная для подключения светильника к питающей электрической сети как в случае индивидуальной его установки, так и

Таблица 5-1

Характеристики светильников ПВЛМ

Тип светильника ¹	Тип и количество люминесцентных ламп	Наличие отражателя и экранирующей решетки
ПВЛМ	С одной и двумя рефлекторными лампами	Без отражателя и решетки; с решеткой (только двухламповые)
ПВЛМ-Д ПВЛМ-ДО	С двумя обычными лампами	С отражателем, без решетки
ПВЛМ-ДР ПВЛМ-ДОР		С отражателем, с отверстиями сверху, без решетки
		С отражателем и решеткой
		С отражателем, с отверстиями сверху и решеткой

¹ Полное обозначение типа светильника состоит из буквенного, указанного в графе 1, цифрового (через дефис), в котором первая цифра обозначает количество ламп, а двузначное число после знака «х» — мощность лампы, Вт, например: ПВЛМ-ДОР-2х80.

при стыковке светильников в светящуюся линию. Ввод проводов (кабеля) в светильник может осуществляться сверху или с торца через сальниковое уплотнение 5. Как и в светильниках ЛД, узел подвеса, состоящий из штанги и скобы, позволяет устанавливать светильник как непосредственно на строительное основание (потолок,

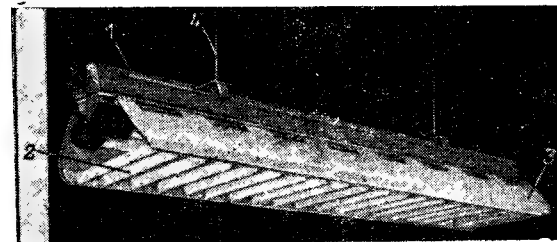


Рис. 5-20. Светильник ПВЛМ-ДОР-2х40 (2х80).

1 — корпус; 2 — экранирующая решетка; 3 — отражатель; 4 — узел подвеса.

балка), так и подвешивать их с помощью штанги. Узел подвеса может перемещаться и фиксироваться в любом месте по длине корпуса.

В светильнике предусмотрены пылезащищенные патроны, обеспечивающие уплотнение по периметру колбы лампы, возможность поворота ламп вокруг оси и фикса-

цию их положения. Установка панели с электрической схемой светильника в корпусе производится с помощью специальных замков, которые одновременно осуществляют уплотнение внутреннего объема корпуса, прижимая панель к резиновой прокладке, приклеенной по периметру корпуса. При осмотре или снятии панели она после открывания замка повисает на закрепленных в корпусе цепочках с карабинами.

Экранирующая решетка, обеспечивающая защитные углы 15° в продольной и поперечной плоскостях, может откидываться по короткой стороне светильника и легко сниматься при смене ламп и при замене ее.

Светильник ПВЛП-2×40 — пылезащищенный, преимущественно прямого света, предназначен для общего освещения производственных помещений с тяжелыми условиями среды (сырых, особо сырых, пыльных, с парами химически агрессивных веществ) и рассчитан на работу с двумя люминесцентными лампами 40 Вт.

Светильник (рис. 5-21) состоит из пластмассового корпуса, рассеивателя из опалового стекла, панели со смонтированной на ней электрической схемой, отражателя и узлов подвеса, позволяющих установку светиль-

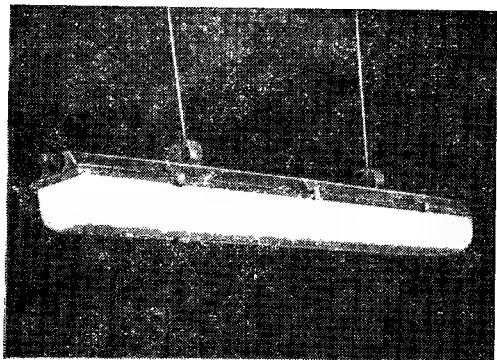


Рис. 5-21. Светильник ПВЛП-2×40.

ника непосредственно на потолок или подвеску на штангах. По периметру корпуса проложена резиновая прокладка. Рассеиватель, который нажимает на прокладку прижимающими его к корпусу шестью кулачковыми пружинными замками, обеспечивает уплотнение

внутреннего объема корпуса. Ввод проводов (кабелей) в светильник осуществляется сверху или в торец через сальниковое уплотнение.

Встраиваемые в перекрытия светильники серии УВЛ. Эти светильники предназначены для общего освещения промышленных и общественных зданий. Серия имеет более 40 типоразмеров светильников, различающихся:

а) по количеству и мощности установленных в них ламп: с четырьмя лампами 40, 65 и 80 Вт; с двумя лампами 150 Вт;

б) по роду установки и обслуживания: сверху — из технического этажа (УВЛВ); снизу — из освещаемого помещения (УВЛН);

в) по исполнению для защиты от воздействия окружающей среды:

незащищенные, открытые УВЛВ-3, УВЛН-3, УВЛВ-4, УВЛН-4 (выходное отверстие светильника перекрыто экранирующей решеткой, обеспечивающей защитные углы $15 \times 15^\circ$ или $30 \times 30^\circ$);

незащищенные перекрытые УВЛВ-2, УВЛН-2 (выходное отверстие светильника перекрыто рассеивателем из оргстекла);

частично пылезащищенные УВЛВ-5, УВЛН-5 (патроны брызгозащищенные, выходное отверстие перекрыто экранирующей решеткой с защитными углами $15 \times 15^\circ$); полностью пылезащищенные УВЛВ-1, УВЛН-1 (уплотняющая прокладка между корпусом и рассеивателем обеспечивает защиту внутренней полости светильника).

Светильники всех исполнений имеют конструкцию, обеспечивающую полную изоляцию их внутренней полости сверху — со стороны технического этажа (технической полости).

В серию входят двух- и четырехламповые светильники прямого света с лампами мощностью 40—150 Вт с диффузными отражателями с косинусной кривой силы света и двухламповые — с лампами 150 Вт с зеркальными отражателями и глубокой кривой силы света.

Светильник УВЛВ устанавливается в проемы потолков сверху из технического этажа на специальные обрамления по периметру проемов. Светильник УВЛН устанавливается в проемы легких каркасных потолков из освещаемого помещения и закрепляется в проеме при помощи двух пар регулируемых устройств.

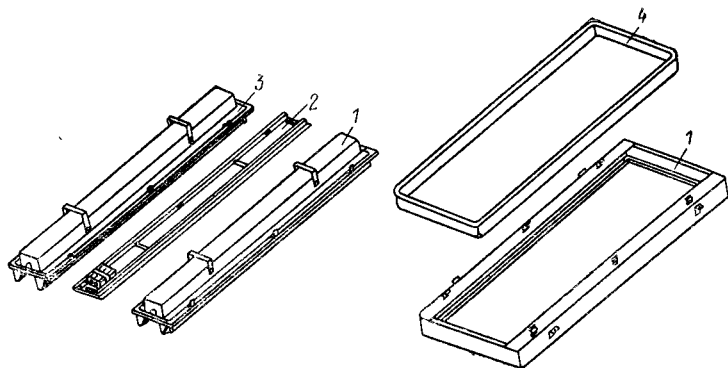


Рис. 5-22. Основные элементы светильников унифицированной серии УВЛ (УВЛВ).

1 — корпус-рама; 2 — жесткий профиль; 3 — панель-отражатель; 4 — рассеиватель.

Светильник УВЛВ (рис. 5-22) состоит из следующих основных узлов:

а) корпуса-рамы 1, который при установке опирается по периметру на обрамление проема. На внешней стороне жесткого профиля 2, крепящегося к корпусу по его продольной оси, расположены розетки штепсельных разъемов, служащие для присоединения светильника к электрической сети;

б) двух легко съемных блоков (панелей-отражателей) 3, на которых смонтированы элементы электрической схемы светильника (ПРА, конденсаторы, ламподержатели, провода и вилки штепсельных разъемов). Сверху элементы схемы закрываются защитным кожухом с двумя ручками для съема (установки) блока;

в) съемных оптических элементов: рассеивателя из опалового органического стекла или литой экранирующей решетки из пластмассы 4;

г) двух зеркальных отражателей с экранирующей решеткой;

д) четырех регулируемых крепежных скоб для фиксации корпуса в проеме.

Основными узлами светильника УВЛН являются:

а) корпус-рама, устанавливаемый в проем потолка снизу. Розетки штепсельных разъемов расположены на внутренней стороне жесткого профиля;

б) двух блоков, аналогичных указанным выше;

в) съемных оптических элементов: рассеивателя из опалового органического стекла, установленного в откидную раму; литой экранирующей решетки из пластмассы; двух зеркальных отражателей с экранирующей решеткой;

г) четырех регулируемых устройств — пружинных замков для установки и крепления светильников к каркасу потолка;

д) четырех уголков, образующих сборную декоративную рамку, перекрывающую зазор между корпусом светильника и кромкой проема.

Светильники обоих типов могут стыковаться в продольном направлении, образуя непрерывную светящуюся линию.

На рис. 5-23 показан общий вид светильника УВЛН.

Встраиваемые в перекрытия светильники прямого света, совмещенные с системой вентиляции или кондиционирования воздуха, серий ЛВП и ЛВО. Светильники серии ЛВП предназначены для общего освещения производственных помещений. В серию входят светильники с различными схемами прохождения воздуха, с двумя и четырьмя лампами мощностью 80 и 150 Вт, с обслуживанием из технического этажа (типа ЛВП-31) и из освещаемого помещения (типа ЛВП-33).

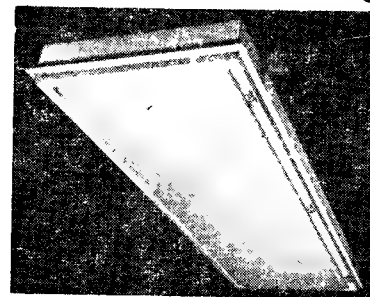


Рис. 5-23. Светильник УВЛН.

Серия светильников ЛВО предназначена для общего освещения общественных зданий. В серию входят светильники с центральным и боковым подводами воздуха, с двумя лампами мощностью 65 или 80 Вт.

На рис. 5-24 изображен светильник ЛВК-31 с принудительной вытяжкой и притоком воздуха, четырехламповый, с обслуживанием из технического этажа.

Светильник состоит из корпуса коробчатой формы 1, рассеивателя 2 из органического стекла, который закладывается в корпус сверху и зажимается специальными

защелками, отражателя 3, крепящегося на выступах торцевой части корпуса и крышки 4 с патрубком диаметром 200 мм. На крышке монтируются на петлях два поворотных блока, несущих люминесцентные лампы, пускорегулирующие аппараты и провода схемы электрических соединений. Для защиты светильника от воздей-

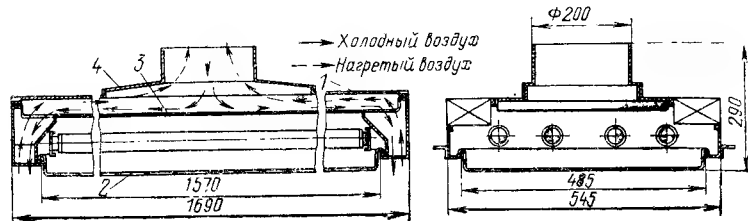


Рис. 5-24. Светильник ЛВК-31.

ствия окружающей среды по периметрам корпуса, рассеивателя, отражателя и крышки проложена эластичная резина.

Для осмотра электрической схемы и замены ПРА открывается только крышка. Внутренняя полость светильника остается закрытой. При замене ламп блоки на петлях откидываются вверх и фиксируются специальными скобами.

При замене рассеивателя надо вывернуть винты крепления крышки, снять ее вместе с блоками, повернуть зажимы крепления рассеивателя и выпнуть его.

Светильник потолочный преимущественно прямого света типа ЛПР-2×40. Светильник предназначен для общего освещения помещений общественных зданий и рассчитан на работу с двумя люминесцентными лампами 40 Вт.

Светильник (рис. 5-25) состоит из стального штампованного корпуса 1, являющегося одновременно и отражателем, панели 2, на которой расположены ПРА, патроны и вилка штепсельного разъема, экранирующей решетки 3, двух боковых рассеивателей из светотехнического стекла 4, двух торцевин 5.

Панель крепится к корпусу с помощью двух пружинных замков. При нажатии на выступающие кнопки замков панель откидывается и повисает на длинной стороне корпуса. Перед началом работ по ревизии схемы светильника, а также перед съемом панели для замены или

ремонта ее надо отключить от электрической сети, вынув вилку из розетки штепсельного разъема, находящейся в корпусе светильника.

Экранирующая решетка крепится к корпусу с помощью пружинных защелок. При замене ламп решетка

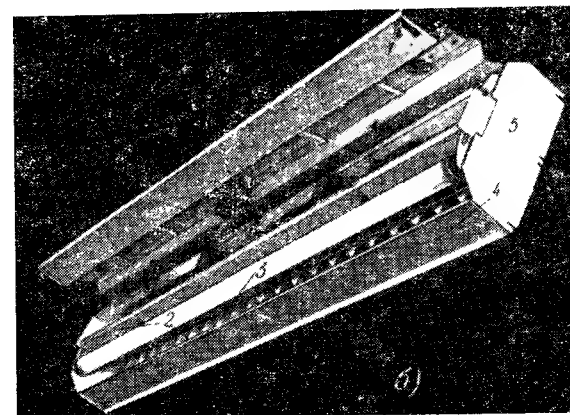
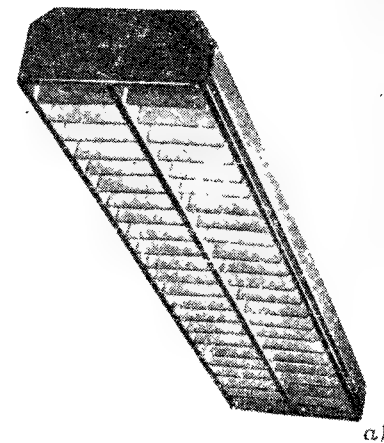


Рис. 5-25. Светильник ЛПР-2×40.

а — общий вид, б — вид с откинутой панелью и решеткой.

откидывается по длинной стороне и повисает, открывая доступ к лампам. При необходимости она может быть легко снята.

Светильники могут устанавливаться индивидуально и соединяться, образуя непрерывную светящую линию. В последнем случае провода питающей электрической сети могут прокладываться в стыкованных корпусах светильников.

Ответвления к каждому светильнику осуществляются через розетку штепсельного разъема, к которой питающие провода присоединяются без разрезания. Ввод проводов осуществляется через отверстие в верхней части корпуса светильника.

Светильники потолочные унифицированной серии УСП. Светильники предназначены для общего освещения помещений жилых и общественных зданий.

В серию входят светильники с двумя, четырьмя и шестью люминесцентными лампами мощностью 20 и 40 Вт.

Каждый светильник этой серии, состоящей из светильников свыше 50 типоразмеров, состоит из следующих основных частей: металлического основания, состоящего из одной, двух и трех панелей, усиленных поперечными уголками жесткости, металлического декоративного обрамления, рассеивателя из опалового органического стекла или экранирующей решетки из пластмассы.

Основным узлом конструкции светильника служит двухламповая панель (она же и отражатель), на которой смонтированы все элементы электрической схемы: ПРА, ламподдержатели, стартеродержатели, клеммная колодка, к которой присоединяются питающие провода и провода схемы светильника. Такие панели, соединенные по ширине, образуют четырех- и шестилампное основание светильника. Декоративное обрамление вместе с рассеивателем или экранирующей решеткой легко, без каких-либо инструментов, подвешивается на основание (панель).

Светильники, в зависимости от того или другого принятого сочетания рассеивателя или экранирующей решетки с элементами декоративного оформления, имеют разные светотехнические характеристики и внешний вид. Коэффициент полезного действия светильников колеблется от 42 до 70 %.

Светильники крепятся к потолку в двух (двухламповые) и четырех (четырёх- и шестилампные) точках. Ввод проводов осуществляется через отверстия в основании панелей.

На рис. 5-26 показан общий вид светильников УСП.

Светильники, рассмотренные в этой главе, а также многие другие изготавливаются в нашей стране для разного рода осветительных установок промышленных и общественных зданий и наружных пространств. Су-

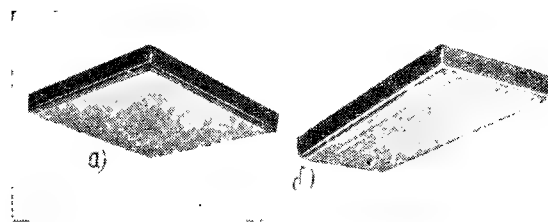


Рис. 5-26. Светильник УСП.

а — УСП-5-6×20; б — УСП-9-4×40.

ществленным преимуществом их по сравнению с выпущенными ранее являются их конструкции, способствующие облегчению и ускорению электромонтажных работ и работ по эксплуатации. На это мы и пытались обратить Ваше внимание при разборе отдельных конструкций.

Прожекторы. Освещение строительных площадок, стадионов, заводских и других территорий осуществляется прожекторами заливающего света. Для съемки кинофильмов, проведения телепередач и освещения театральных сцен применяются киноосветительные и театральные прожекторы, которые позволяют получить высокую и равномерную освещенность на небольших расстояниях.

Для архитектурного освещения фасадов зданий используются фасадные прожекторы, позволяющие достаточно равномерно распределить световой поток по фасаду здания.

Наибольшее применение получила серия прожекторов заливающего света ИЗС, состоящая из трех однотипных по конструкции приборов со стеклянными па-

рабочими ограждающими диаметром 450 (ПЗС-45); 350 (ПЗС-35) и 250 мм (ПЗС-25). В этих прожекторах применяются нормальные лампы накаливания мощностью 1000, 500 и 200 Вт.

Прожектор ПЗС-45 (рис. 5-27) состоит из корпуса 1, передней рамы 2 с защитным стеклом 3 и основания 4. Отражатель крепится к корпусу лапками с асбестовыми прокладками. Корпус из листовой стали имеет цилиндрическую форму. С задней стороны корпус наглухо закрыт крышкой сферической формы, а спереди к нему крепится с помощью шарнирной петли передняя рама, запираемая в рабочем положении пружинной защелкой. Прожекторы имеют фокусирующее устройство, позволяющее, перемещая патрон, установить световой центр лампы в фокусе отражателя.

Прожектор с помощью лиры 5, насаженной на цапфы 6, может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол $\pm 360^\circ$, а в вертикально — вверх до 80° , вниз до 45° .

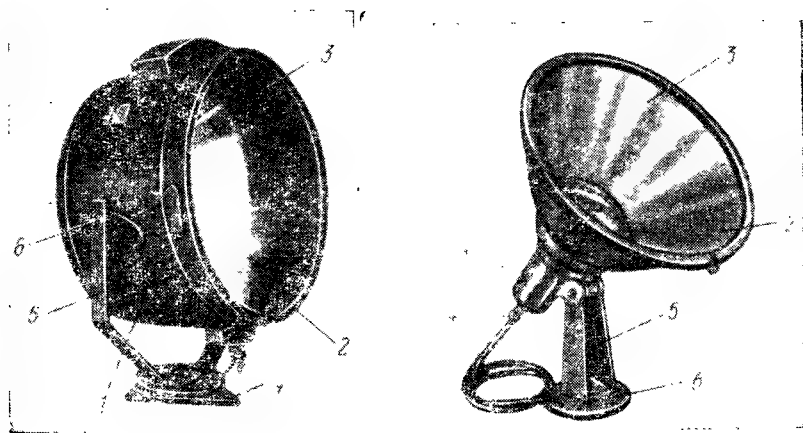


Рис. 5-27. Прожекторы заливающего света ПЗС.

Фиксация прожектора в выбранном положении осуществляется: в горизонтальной плоскости с помощью болта, скрепляющего лиру с основанием, в вертикальной — прижатием лиры к корпусу. Крепление прожектора при установке его на том или другом основании

производится тремя болтами. Присоединение к питающей сети выполняется гибким кабелем марки КРПТ.

Прожекторы этой серии имеют ряд недостатков, из которых основными являются: быстрое загрязнение прожекторов через имеющиеся в них отверстия для вентиляции и малый к. п. д.

В последние годы разработана и выпускается серия прожекторов заливающего света типа ПСМ. Серия состоит из пяти однотипных по конструкции прожекторов:

1) ПСМ-30 с отражателем диаметром 30 см с лампой накаливания 200 Вт;

2) ПСМ-40-1 с отражателем диаметром 40 см с лампой накаливания 500 Вт; ПСМ-40-2 с таким же отражателем с прожекторной лампой 500 Вт;

3) ПСМ-50-1 с отражателем диаметром 50 см с лампой накаливания мощностью 1000 Вт; ПСМ-50-2 с таким же отражателем с прожекторной лампой 1000 Вт.

Прожектор ПСМ-50 (рис. 5-28) состоит из корпуса 1, алюминиевого обрешеченного отражателя 2, плоского термостойкого стекла 3 в раме, перекрывающего выходное отверстие прожектора. Рама прижата к кромке отражателя через уплотнительную прокладку пружинными замками, узла ввода со штепсельным разъемом 4, лиры 5 и основания 6. Фокусирующее устройство расположено в задней части корпуса.

Прожектор может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол $\pm 360^\circ$ и в вертикальной — вверх до 80° , вниз до 45° .

Прожектор при установке крепится к основанию четырьмя болтами. Присоединяется к сети гибким кабелем марки КРПТ.

Прожекторы хорошо уплотнены и защищены от проникновения пыли. Имеют больший по сравнению с прожекторами типа ПЗС к. п. д.

К числу разработок последних лет относится также разработка прожекторов типа ПКН с кварцевыми галогенными лампами накаливания. В серию входят два прожектора одинаковой конструкции: ПКН-1000 с лампой типа КИ-220-1000-5 1000 Вт и ПКН-1500 с лампой типа КИ-220-1500 1500 Вт. Коэффициент полезного действия прожекторов 60% (прожекторов типа ПЗС 25—27%, ПСМ 35%).

Каждый из двух прожекторов выпускается с углами рассеяния 15 и 35° в вертикальной плоскости.

Рис. 5-28. Прожекторы серии ПСМ.

Прожектор типа ПКП (рис. 5-29) состоит из ребристого (для лучшего отвода тепла) литого алюминиевого корпуса, литой рамы с плоским термостойким защитным стеклом, прижатой через уплотнительную прокладку к корпусу откидными болтами, отражателя из чистого алюминия (гладкого или рифленого) параболоцилиндри-

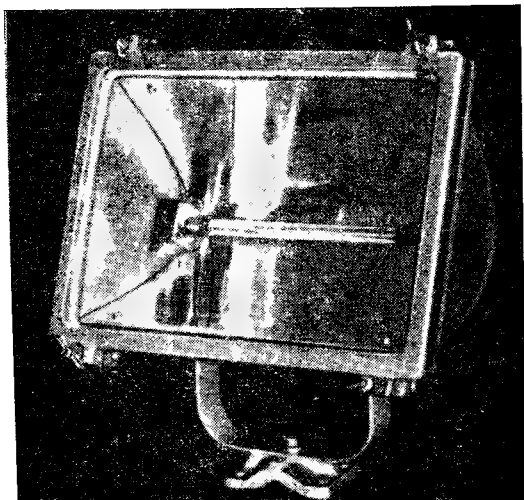


Рис. 5-29. Прожектор ПКП-1500.

ческой формы, узла ввода с клеммной колодкой и поворотного устройства.

Фокусирующего устройства прожектор не имеет. Прожектор может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол $\pm 360^\circ$, в вертикальной плоскости — вверх до 90° , вниз до 45° . Присоединяется к сети кабелем марки КРПТ. Крепится к основанию четырьмя болтами.

Промышленностью выпускаются прожекторы для освещения фасадов зданий серии ПФС с набором разных рассеивателей, с серебряными отражателями диаметрами от 350 до 600 мм. В прожекторах применяются специальные (с фокусирующими цоколями) прожекторные лампы мощностью от 300 до 3000 Вт.

На базе прожекторов ПФС разработана серия прожекторов ПФР с ртутно-кварцевой лампой сверхвысоко-

го давления типа ДРШ-500. В серию входят четыре прожектора, различающихся характеристиками рассеивания.

5.2. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Пускорегулирующие аппараты (ПРА) разделяются по указанным ниже признакам, часть из которых входит в обозначение типа ПРА.

1. По назначению и составу входящих в них элементов: балластные — ДБ; стартерные — УБ; бесстартерные быстрого пуска — АБ.

2. По фазе потребляемого из сети тока при горящей лампе: индуктивные, потребляющие из сети ток, отстающий по фазе от напряжения сети, — И; емкостные, потребляющие из сети ток, опережающий по фазе напряжение сети, — Е; компенсированные, потребляющие из сети ток, практически совпадающий по фазе с напряжением сети, — К.

3. По количеству, типу и мощности включаемых с ними ламп: аппараты, предназначенные для работы с люминесцентными лампами, — в условном обозначении аппарата указываются числа, определяющие количество, номинальную мощность и символ лампы в том случае, если она отличается от прямолинейной (кольцевая — К, У-образная — У); аппараты, предназначенные для работы с другими газоразрядными лампами, — в условном обозначении аппарата указывается число, определяющее номинальную мощность лампы, и символ типа лампы.

4. По сдвигу фаз между токами двух и более ламп, включенных с одним многоламповым аппаратом: имеющие сдвиг фаз — А; не имеющие сдвига фаз — не обозначаются.

5. В зависимости от класса защиты от поражения электрическим током: аппараты класса защиты 0, в которых доступные для прикосновения части изолированы от токоведущих частей при помощи рабочей изоляции, — не обозначаются; аппараты класса защиты 0I, в которых доступные для прикосновения части изолированы от токоведущих частей при помощи рабочей изоляции и, кроме того, электрически соединены с заземляющим контактом, — не обозначаются; аппараты класса защи-

ты II, в которых доступные для прикосновения части изолированы от токоведущих частей при помощи двойной или усиленной изоляции, — 2.

6. По уровню шума, создаваемого аппаратами: аппараты с нормальным уровнем шума — не обозначаются, аппараты с пониженным уровнем шума — П; аппараты с особо низким уровнем шума — ПП.

7. По конструктивному исполнению: встроенные, предназначенные для установки в корпусе светильника или в специальных кожухах, — В; независимые, предназначенные для установки отдельно от светильника, — Н.

8. По климатическому исполнению: для районов с умеренным климатом — У; для районов с тропическим климатом — Т.

9. По категории размещения: аппараты для закрытых отапливаемых помещений — 4; аппараты для закрытых неотапливаемых помещений — 3; аппараты, устанавливаемые под навесом и в установках наружного освещения — 2.

10. По степени защиты оболочки: открытые, защищенные, пылезащищенные, закрытые.

В условном обозначении типа аппарата по порядку указываются: цифра, обозначающая число ламп, включаемых с аппаратом; трехбуквенное обозначение типа аппарата по назначению и фазе потребляемого из сети тока; далее дробь, в числителе которой указана номинальная мощность и символ лампы, а в знаменателе — номинальное напряжение сети; буква А указывается при наличии сдвига фаз; далее следует обозначение конструктивного исполнения; обозначение аппарата по уровню шума; условный номер разработки (трехзначное число); климатическое исполнение и категория размещения.

Условное обозначение встроенного двухлампового компенсированного стартерного аппарата с особо низким уровнем шума для прямой люминесцентной лампы 40 Вт для включения в сеть 220 В, со сдвигом фаз между токами ламп, номер разработки 060, для установки в отапливаемом помещении в районах с умеренным климатом: аппарат пускорегулирующий 2УБК-40/220-АВПП-060-У4.

Люминесцентные лампы включаются в электрическую сеть последовательно со стартерными или бесстартерными ПРА.

Стартерные ПРА выпускаются следующих основных модификаций:

одноламповые индуктивные аппараты без компенсации реактивной мощности типа 1УБИ, состоящие из дросселя и пускового элемента — стартера, предназначенные для зажигания лампы при помощи импульса высокого напряжения и стабилизации ее рабочего режима;

одноламповые емкостные аппараты 1УБЕ, отличающиеся от аппаратов 1УБИ тем, что последовательно с дросселем включается конденсатор, емкость которого зависит от мощности лампы, а в цепь стартера включена компенсирующая катушка для увеличения тока предварительного подогрева электродов лампы;

одноламповые индуктивные аппараты с компенсацией реактивной мощности 1УБК, который представляет собой индуктивный аппарат 1УБИ и дополнительный конденсатор, включенный параллельно вводным зажимам схемы. Включение конденсатора увеличивает коэффициент мощности схемы с 0,5 для аппаратов 1УБИ до 0,85;

двухламповые индуктивные аппараты 2УБИ к двум последовательно соединенным лампам без компенсации реактивной мощности. В такой схеме, так же как и в одноламповых 1УБИ и 1УБЕ, пульсация светового потока, создаваемого лампами, не будет снижаться. Для уменьшения пульсации такие светильники — одно- и двухламповые — должны включаться в разные фазы трехфазной сети;

двухламповые аппараты антистробоскопические с компенсацией реактивной мощности типа 2УБК. Такие аппараты широко применяются в двухламповых светильниках, выпускаемых промышленностью. В этой схеме одна лампа включается в сеть через индуктивный, а другая — через емкостный балласты. Ток второй лампы — опережающий, поэтому общий коэффициент мощности достигает 0,92—0,95. Одновременно благодаря питанию ламп сдвинутыми по фазе токами значительно снижается пульсация светового потока. Такой же эффект достигается при использовании в двухламповой схеме аппаратов 1УБИ и 1УБЕ.

Одноламповые аппараты 1УБИ, 1УБЕ и 1УБК изготавливаются для ламп мощностью 8, 13, 15, 20, 30, 40, 65

и 80 Вт, двухламповые 2УБИ для напряжения 220 В для ламп 4, 6, 8, 15 и 20 Вт и 2УБК — для ламп мощностью 15, 20, 30, 40, 65 и 80 Вт.

Бесстартерные ПРА выпускаются следующих типов: одноламповые индуктивные аппараты без компенсации реактивной мощности типа 1УБИ; одноламповые индуктивные аппараты с компенсацией реактивной мощности типа 1АБК; одноламповые емкостные аппараты типа 1АБЕ.

Одноламповый индуктивный аппарат типа 1АБИ представляет собой комплект, состоящий из дросселя, трансформатора накала и конденсаторов для снижения радиопомех. Аппараты изготавливаются для ламп мощностью 20, 30, 40 и 80 Вт.

Одноламповый индуктивный аппарат 1АБК отличается от аппарата типа 1АБИ наличием в нем конденсатора для компенсации реактивной мощности.

Одноламповый емкостный аппарат типа 1АБЕ состоит из блока дроссель—трансформатор и конденсаторов. При совместной работе аппарата 1АБЕ с аппаратом 1АБИ образуется двухламповый антистробоскопический аппарат типа 2АБК с компенсацией реактивной мощности. Ослабление радиопомех достигается применением симметрированных дросселей, а также с помощью емкостных фильтров, состоящих из конденсаторов небольшой емкости.

Лампы ДРЛ, подобно люминесцентным лампам, включаются в сеть 220 В с ПРА, обеспечивающими нормальное зажигание и горение ламп. Зажигание ламп осуществляется напряжением питающей сети 220 В. Для облегчения зажигания внутрь лампы введены два добавочных электрода, подключенные к основным через омическое сопротивление. Разряд, возникающий между основным и добавочным электродами, перебрасывается на основные, и лампа зажигается.

Индивидуальная для каждого светильника с лампами ДРЛ компенсация реактивной мощности, как правило, не предусматривается. Для ламп ДРЛ ПРА, как правило, устанавливаются отдельно от светильников. Заводами выпускаются различные металлические основания для крепления ПРА к фермам, стенам, колоннам и т. п. Расстояния от ПРА до ламп не нормируются.

5.3. КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

В соответствии с § VI-2-31 ПУЭ в осветительных сетях переменного тока напряжением 380 В частотой 50 Гц с лампами ДРЛ осуществляется групповая компенсация реактивной мощности. Трехфазные конденсаторы присоединяются к трехфазным линиям групповой сети после автоматических выключателей, установленных на групповом щитке (рис. 5-30). При этом почти вдвое

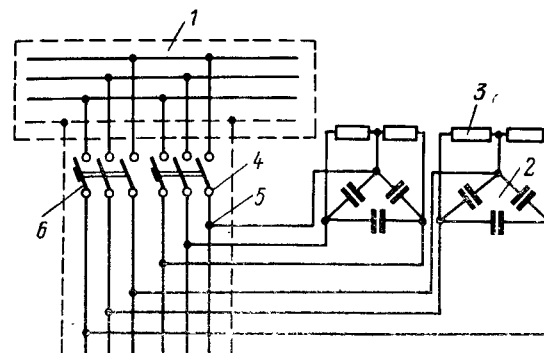


Рис. 5-30. Схема включения конденсаторов в групповые линии с лампами ДРЛ.

1 — распределительный пункт; 2 — статический конденсатор; 3 — разрядный резистор; 4 — контактный зажим распределительного пункта; 5 — клемма ответвленная У734М; 6 — автоматический выключатель.

уменьшается количество линий, отходящих от щитка, а автоматические выключатели используются для одновременного отключения ламп и конденсаторов.

Не следует присоединять к зажимам автоматов групповых щитков провода, идущие к светильникам и конденсаторам. Это, как показывает практика эксплуатации осветительных установок с лампами ДРЛ, позволит в ряде случаев избежать выхода из строя автоматических выключателей. Как показано на рисунке, провода, идущие к конденсаторам, должны присоединяться к проводам линии, идущей к светильникам, с помощью ответвительных сжимов на расстоянии 6—7 см от ее начала.

Группа из нескольких конденсаторов той или другой мощности и напряжения, установленных вместе с раз-

рядными резисторами¹, включенными параллельно с конденсаторами, в общем шкафу, называется конденсаторной установкой (УК).

Таблица 5-2

Технические характеристики конденсаторных установок

Тип установки	Номер рисунка	Номинальная мощность установок, квар	Количество конденсаторов, шт.	Мощность конденсатора, квар	Размеры, мм			Масса, кг, не более
					L	L'	L''	
УК-0,415-20ТЗ	5-31	20	1	20	440	—	405	37
УК2-0,38-50УЗ		50	2	25	500	365	340	72
УК2-0,415-40ТЗ		40	2	20	500	365	340	72
УК3-0,38-75УЗ	5-32	75	3	25	700	570	545	105
УК3-0,415-60ТЗ		60	3	20	700	570	545	105
УК4-0,38-100УЗ		100	4	25	900	775	750	139
УК4-0,415-80ТЗ		80	4	20	900	775	750	139

Примечание. В обозначениях типов 0,415 и 0,38—напряжение в киловольт; УЗ и ТЗ—климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Усть-Каменогорским конденсаторным заводом изготавливаются конденсаторные установки, технические характеристики, а также габаритные и установочные размеры которых приведены в табл. 5-2 и на рис. 5-31 и 5-32.

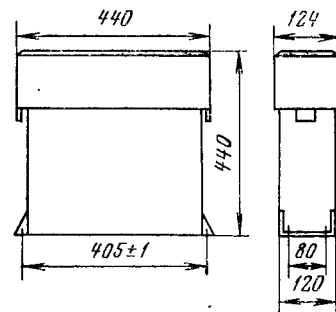


Рис. 5-31. Установка конденсаторная с одним конденсатором 20 квар.

В установках используются косинусные конденсаторы по ГОСТ 1282-72 с диэлектриком из конденсаторной бумаги, пропитанной синтетической жидкостью, на напряжение 380 и 415 В и мощностью соответственно 25 и 20 квар.

Установки пригодны для эксплуатации в условиях, нормированных для исполнений «У» и «Т» категорий

размещения 3, в среде невзрывоопасной, не содержащей токопроводящей пыли и агрессивных паров и газов, в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, в местах, не подверженных резким толчкам, ударам и вибрации, на высоте до 1000 м над уровнем моря.

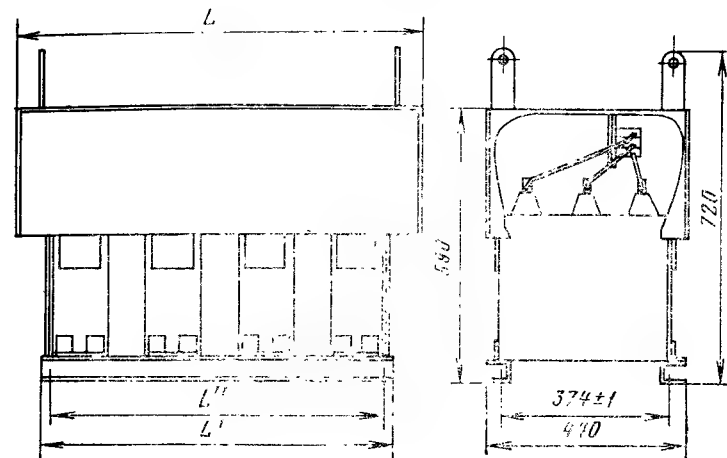


Рис. 5-32. Установка конденсаторная с четырьмя конденсаторами по 25 квар.

Установки изготавливаются в виде открытой конструкции. Металлоконструкция, на которой установлены конденсаторы, имеет металлический кожух, закрывающий изоляторы конденсаторов, резисторы и наборные зажимы. Кожух имеет дверцы со встроенным замком, запирающимся ключом.

Провода от клемм конденсаторов заведены на зажимы, установленные со стороны фасада и легкодоступные при открытой дверце.

Вводы в установки с конденсаторами единичной мощностью 25 и 20 квар выполняются проводами сечениями соответственно 10 и 6 мм² в гибких металлических шлангах или трубах сверху или снизу.

Все операции по включению и отключению конденсаторных установок от сети в процессе эксплуатации должны производиться в соответствии с требованиями ПТЭ. К работе с установками должны допускаться работники, знающие правила технической эксплуатации.

Определение необходимой мощности статических конденсаторов производится по графику рис. 5-33, по

¹ Разрядные резисторы обеспечивают снижение напряжения на конденсаторах до 50 В за время не более 1 мин после отключения автоматического выключателя.

оси абсцисс которого отложено отношение реактивной мощности статических конденсаторов Q , квар, к суммарной активной мощности ламп ДРЛ и потерь в ПРА P , кВт, а по оси ординат — значения коэффициента мощности $\cos \varphi$, вверх от оси абсцисс — отстающий (индуктивный), вниз — опережающий (емкостный). По этому

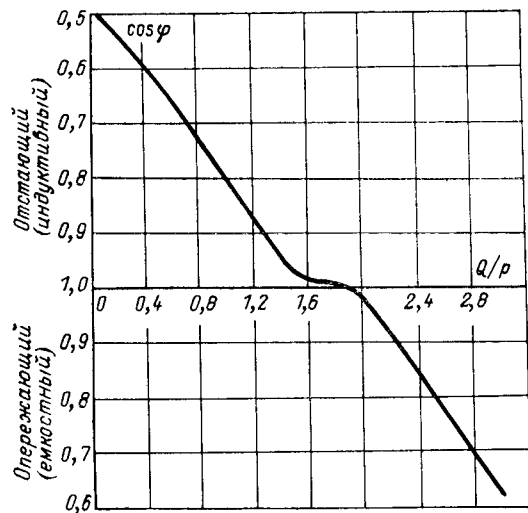


Рис. 5-33. График для определения мощности статических конденсаторов.

графику нетрудно определить коэффициент мощности $\cos \varphi$ при известной мощности ламп ДРЛ и статических конденсаторов, а также необходимую мощность статических конденсаторов при известной мощности ламп ДРЛ и заданном коэффициенте мощности.

Усредненное значение необходимой мощности статических конденсаторов может быть определено из соотношения

$$Q \approx 1,25 P.$$

5-4. Понижающие трансформаторы малой мощности

Понижающие трансформаторы применяются для питания осветительных установок общего, местного и переносного освещения 36 и 12 В.

Мощность освещения, питаемого пониженным напряжением, обычно невелика, поэтому для его включения в сети 220 или 380/220 В используются однофазные или трехфазные сухие трансформаторы малой мощности, характеристики которых приведены в табл. 5-3.

Таблица 5-3

Технические характеристики понижающих трансформаторов

Тип		Мощность, В·А	Номинальное напряжение обмоток, В		Исполнение по роду защиты от воздействия окружающей среды
однофазный	трехфазный		высшего напряжения	низшего напряжения	
ОСО-0,25	—	250	380, 220, 127	36, 12	Открытое
ОСВУ-0,25	—	250			Закрытое
—	ТС-1,5/0,5	1500	380, 220	36, 12	Брызгозащищенное
—	ТС-2,5/0,5	2500			
	ТСЗ-1,5/1	1500			Защищенное

Трансформаторы, питающие светильники на напряжение 36 или 12 В, должны иметь коммутационные и защитные аппараты со стороны высшего напряжения. Аппараты защиты должны быть на номинальный ток, по возможности близкий к номинальному току трансформатора. Защита должна быть предусмотрена также на линиях, отходящих со стороны низшего напряжения.

Промышленностью выпускается удовлетворяющее этому требованию комплектное устройство типа ЯТП-0,25. Комплектное устройство (рис. 5-34) защищенного исполнения состоит из заключенных в общий кожух понижающего трансформатора ОСО-0,25 напряжением 220/36 или 220/12 В, двухполюсной штепсельной

розетки и автоматических выключателей АБ-25М на стороне высшего напряжения и на отходящих линиях.

При невозможности использования комплектного устройства ЯТП-0,25 по причине несоответствия его исполнения условиям среды или из-за недостаточности

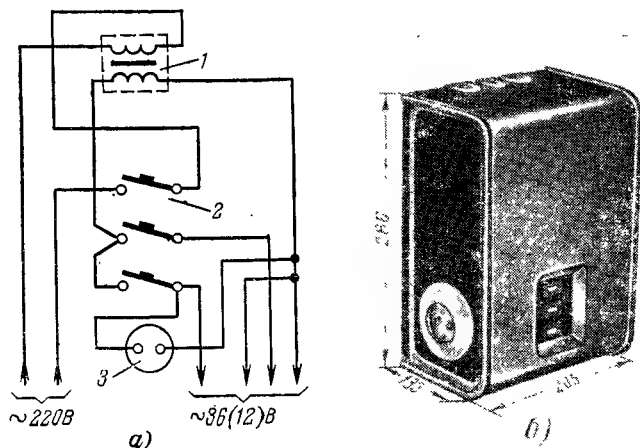


Рис. 5-34. Комплектный аппарат ЯТП-0,25.

а — схема; б — общий вид; 1 — понижающий трансформатор ОСО 0,25, 2 — автомат АБ-25 м; 3 — штепсельная розетка.

его мощности применяются закрытые однофазные сухие трансформаторы ОСВУ-0,25 или трехфазные типов ТС-1,5/0,5, ТС-2,5/0,5 или ТСЗ-1,5/1.

Трансформатор ОСВУ-0,25 (рис. 5-35) изготавливается в кожухе из листовой стали, предохраняющем трансформатор от влаги, пыли и механических повреждений.

Трансформатор присоединяется к сети кабелями, пропущенными через два сальника с проходным отверстием 22 мм. На стороне низшего напряжения имеется зажим для установки плавкой вставки.

Трансформаторы ТС (рис. 5-36) и ТСЗ изготавливаются с защитными кожухами из листовой стали, предохраняющими трансформаторы от влаги и механических повреждений. Трансформаторы присоединяются к сети при помощи зажимов, расположенных на изолирующих контактных досках, укрепленных на боковых стенках корпуса и защищенных от брызг откидными козырьками.

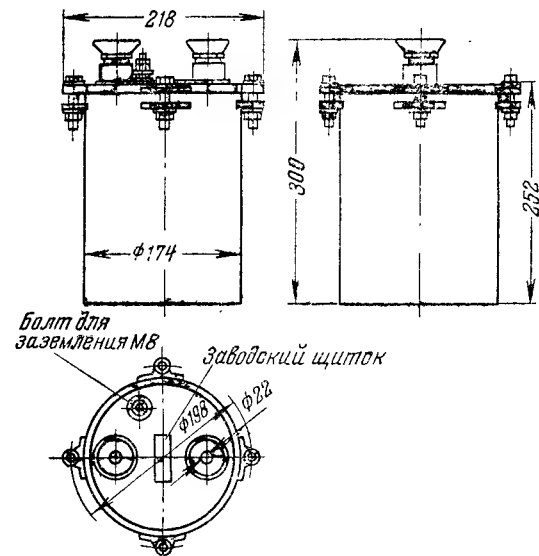


Рис. 5-35. Понижающий однофазный трансформатор ОСВУ-0,25.

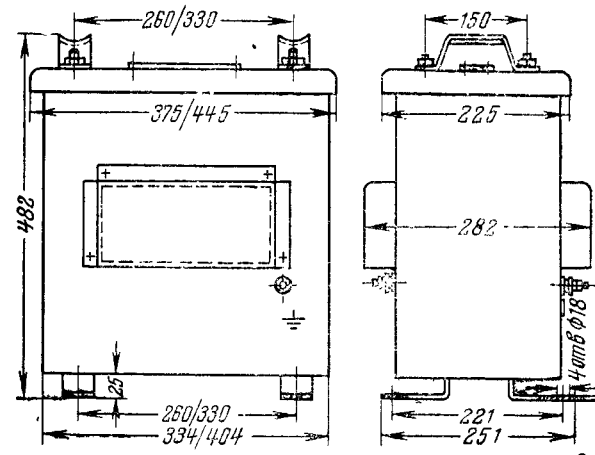


Рис. 5-36. Понижающий трехфазный трансформатор ТС. Размеры, обозначенные через дробь, относятся: числитель — к ТС-1,5/0,5, знаменатель — к ТС-2,5/0,5.

Для защиты отходящих от трансформаторов линий низшего напряжения используются групповые осветительные щитки с автоматическими выключателями АЗ161 или АЕ-1000.

Защита и управление со стороны высшего напряжения трансформаторов ОСВУ и ТС осуществляются автоматическими выключателями, установленными на групповых осветительных щитках, или, если это вызывается необходимостью, автоматическими выключателями АП-50, установленными вблизи трансформаторов.

5.5. ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Для комплектации светильников и в осветительных установках широко применяются электроустановочные изделия: патроны для ламп накаливания, ДРЛ и люминесцентных ламп, стартеродержатели, выключатели и переключатели, штепсельные соединения (штепсельные розетки и вилки).

Патроны резьбовые служат для включения в электрическую сеть напряжением до 220 В ламп накаливания и ДРЛ. Патроны изготавливаются: Е14 — для ламп накаливания до 60 Вт, Е27 — для ламп накаливания от 15 до 300 Вт и ламп ДРЛ до 125 Вт, Е40 — для ламп накаливания от 300 до 1500 Вт и ДРЛ — от 250 до 1000 Вт (цифра после буквенного обозначения патрона указывает диаметр резьбы гильзы).

По конструктивному исполнению различаются патроны подвесные с креплением на ниппель с резьбой в донышке или ниппельной гайке, с боковым вводом проводов с креплением винтом, с ушком для подвешивания, настенные, потолочные и иллюминационные. Патроны подвесные Е14, Е27 и Е40 и патроны с боковым вводом проводов Е27 и Е40 служат в основном для комплектации светильников.

Патроны выпускаются с пластмассовыми, фарфоровыми и металлическими корпусами. В помещениях сырых и особо сырых и в светильниках, устанавливаемых в таких помещениях и в наружных установках, применяются патроны с корпусами из фарфора. На рис. 5-37 показаны фарфоровые патроны Е27 и Е40 с боковым вводом проводов с креплением, надежно исключающим проворачивание патронов при ввертывании и вывертывании ламп.

Токоведущие части патронов — боковой и центральный контакты и контактные зажимы для подсоединения зарядных проводов — закрепляются на вкладыше.

Патроны для комплектации светильников подвесные и с боковым вводом имеют контактные зажимы втычного типа, допускающие присоединение к ним без образования кольца прямых концов медных жил проводов следующих сечений: 0,5—1,5 мм² — для патронов Е14; 0,5—2,5 мм² — для патронов Е27; 1—4 мм² — для патронов Е40.

Патроны для люминесцентных ламп предназначаются для комплектации осветительных арматур и служат для включения ламп в электрическую сеть. Патроны для трубчатых ламп прямолинейной формы до 80 Вт, 250 В выпускаются следующих, различающихся по конструкции типов.

Стеочные типа ПЛ13 в защищенном исполнении с универсальным (винтовым и безвинтовым) креплением в осветительной арматуре с безвинтовыми пружинными контактными зажимами (рис. 5-38).

Торцовые типа ПЛ-2М в защищенном исполнении с промежуточной фиксацией положения лампы с нетоковедущими компенсирующими

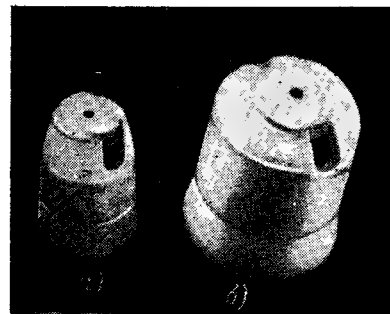


Рис. 5-37. Патроны резьбовые.
а — Е27; б — Е40.

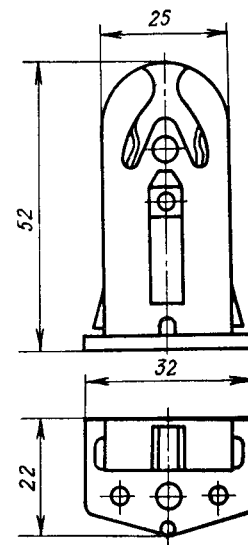


Рис. 5-38. Патрон стоечный ПЛ13.

пружинами (рис. (5-39); компенсирующее устройство позволяет смещение патрона с контактной системой вдоль продольной оси лампы, благодаря чему дости-



Рис. 5-39. Патрон торцевой
PJL-2M.

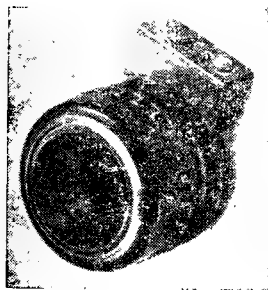


Рис. 5-40. Патрон стоечный
PJL-2М-Б.

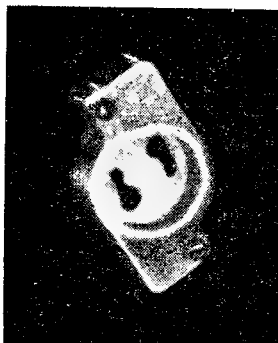


Рис. 5-41. Стартеродержатель.

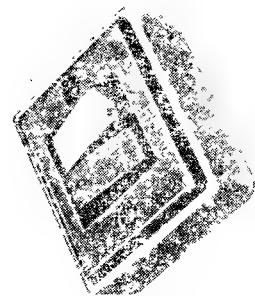


Рис. 5-42. Выключатель в открытом
исполнении для открытой установки.

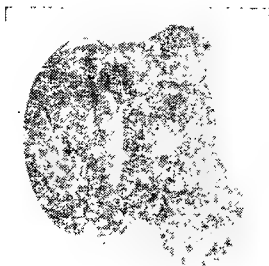


Рис. 5-43. Выключатель в закры-
том исполнении.

гается надежный контакт при разных в пределах до-
пусков длинах ламп.

Стосчные типа PJL-2М-Б в пыле- и брызгозащи-
щенном исполнении с нетоковедущими компенсирующи-
ми пружинами с промежуточной фиксацией положения
лампы (рис. 5-40).

Патроны типа PJL-2М и PJL-2М-Б применяются для
комплектации светильников с рефлекторными лампами,
но, разумеется, пригодны и для обычных ламп.

Изготавливаются патроны для кольцевых и U-образ-
ных ламп со встроенными стартеродержателями и дру-
гие.

Корпуса патронов изготавливаются из пластмассы.
Контактные зажимы патронов обеспечивают возмож-
ность присоединения медных жил проводов сечением от
0,5 до 1 мм².

Стартеродержатели (рис. 5-41) служат для
включения в схему стартеров: изготавливаются в защи-
щенном и брызгозащищенном исполнениях. В последнем
исполнении служат для комплектации светильников для
освещения помещений пыльных и с повышенной
влажностью.

Выключатели и переключатели предназ-
начаются для коммутации электрических цепей освеще-
ния и бытовых приборов переменного тока частотой
50 Гц и постоянного тока.

Промышленностью выпускаются однополюсные вы-
ключатели и переключатели для напряжения 250 В с
номинальными токами от 1 до 10 А. Выключатели на
ток 1 А изготавливаются трех конструктивных типов: про-
ходные, подвесные и для встраивания в электрические
приборы. Выключатели и переключатели на номиналь-
ные токи от 4 до 10 А широко применяются в освети-
тельных установках для управления группами светиль-
ников.

Выключатели изготавливаются защищенного исполне-
ния для открытой (рис. 5-42) и скрытой установок и в
брызгозащищенном исполнении для открытой установки
(рис. 5-43). По типу привода выключатели и переключа-
тели разделяются на поворотные, перекидные, одно- и
двухкнопочные, одно-, двух- и трехклавишные, подпо-
толочные с тяговым шнуром.

Для крепления выключателей и переключателей за-
щищенного и брызгозащищенного исполнений, установ-

ливаемых на стенах или конструкциях открыто, в основаниях их имеются 2 отверстия диаметром 4,5 мм. Выключатели для скрытой установки закрепляются в коробках для скрытой проводки при помощи винтов М4 и распорных лапок.

Для ввода проводов в краях крышек выключателей и переключателей защищенного исполнения для открытой установки предусмотрены две подпрессовки под углом 180° на линии, перпендикулярной оси крепления основания. Пленка толщиной 0,7 мм в местах подпрессовок легко скалывается перед вводом проводов.

Ввод проводов в выключатели для скрытой установки производится через отверстия в коробке для скрытой проводки. В выключатели брызгозащищенного исполнения ввод проводов осуществляется через сальниковые уплотнения.

Контактные зажимы выключателей 1 А допускают присоединение к ним медных жил проводов сечением от 0,5 до 1 мм², а выключателей от 4 А и выше — медных и алюминиевых сечением от 1 до 2,5 мм².

Выключатели и переключатели при напряжении 250 В и номинальном токе должны выдерживать следующие количества отключений (переключений): до 1 А — не менее 10 000, остальные — не менее 20 000.

Рядом заводов выпускаются выключатели с металло-керамическими контактами для открытой и скрытой установки, которые выдерживают более 100 000 отключений.

Штепсельные соединения (ШС) двух- и трехполюсные применяются для присоединения к электрической сети однофазных и трехфазных электрических приемников с номинальными токами соответственно до 10 и 25 А и напряжениями до 250 и 380 В.

Двухполюсные ШС выпускаются с цилиндрическими (рис. 5-44), плоскими (рис. 5-45) и комбинированными (рис. 5-46) контактами. Контакты штепсельных розеток ШС последнего типа позволяют включение штепсельных вилок как с цилиндрическими (ШС 6 А, 250 В), так и с плоскими контактными штифтами (ШС 10 А, 250 В). Трехполюсные ШС выпускаются только с плоскими контактами.

Штепсельные соединения с плоскими контактами обладают рядом преимуществ по сравнению с ШС с цилиндрическими контактами, в том числе большим

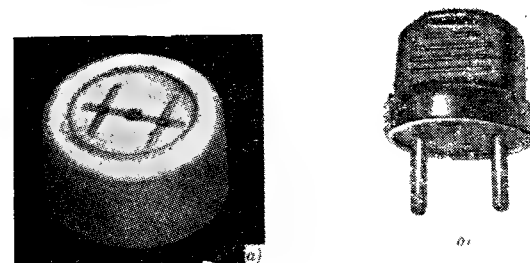


Рис. 5-44. Штепсельное соединение с цилиндрическими контактами.

а — розетка; б — вилка.

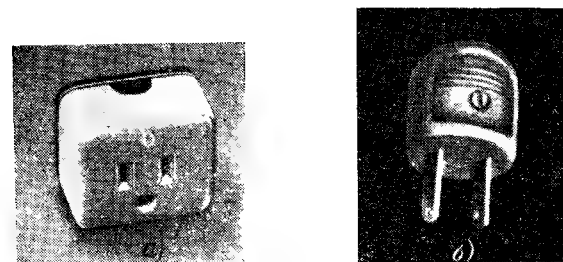


Рис. 5-45. Штепсельное соединение с плоскими контактами.

а — розетка; б — вилка.

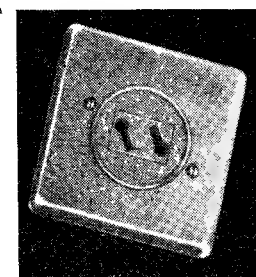


Рис. 5-46. Штепсельная розетка с комбинированными контактами.

сроком службы (15 000 вместо 10 000 отключений), меньшими габаритами, массой и расходом материалов.

Для заземления металлических корпусов переносных электроприемников напряжением выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных двухполюсные и трехполюсные ШС снабжаются заземляющими контактами. Штепсельные соединения без заземляющего контакта применяются для присоединения переносных электроприемников до 42 В и приемников напряжением выше 42 и до 250 В в помещениях без повышенной опасности.

Двухполюсные ШС изготавливаются в защищенном исполнении для открытой и скрытой проводки и в брызгозащищенном исполнении для открытой проводки (рис. 5-47).

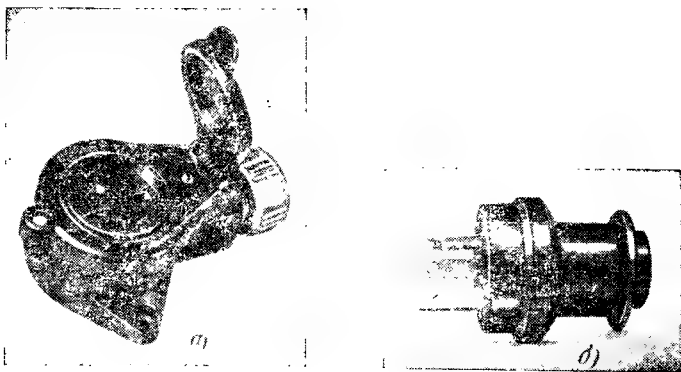


Рис. 5-47. Штепсельное соединение с плоскими контактами брызгозащищенное.

а — розетка; б — вилка.

Изготавливаются двухполюсные ШС 10 А, 250 В с плоскими фазными и заземляющим контактами в пылезащищенном исполнении для встраивания в светильники с лампами накаливания и ДРЛ типа ШСВ-20.

Штепсельные розетки для открытой установки имеют в основаниях два отверстия для крепежных винтов. Штепсельные розетки для скрытой установки закрепляются в коробках для скрытой проводки при помощи винтов М4 и распорных лапок.

Для ввода проводов в края крышек штепсельных розеток защищенного исполнения для открытой установки предусмотрены два паза под углом 180° на линии, перпендикулярной оси крепления основания. Пазы перекрыты пленкой толщиной 0,7 мм, легко выламываемой при вводе проводов.

В штепсельных розетках и вилках пыле- и брызгозащищенного исполнения предусмотрены сальниковые уплотнения для ввода проводов (кабелей, шнуров). Ввод проводов в штепсельные розетки для скрытой установки производится через отверстия в коробе.

Контактные зажимы штепсельных розеток допускают присоединение к ним медных и алюминиевых жил проводов следующих сечений: двухполюсные до 10 А — от 1 до 2,5 мм²; трехполюсные до 25 А — от 4 до 16 мм².

Комбинированные электроустановочные изделия представляют собой набор из двух или трех выключателей, двух или трех штепсельных розеток или из двух—четырех выключателей и штепсельных розеток, скомплектованных под одной общей крышкой.

Такие изделия изготавливаются как для скрытой (рис. 5-48), так и для открытой установок (рис. 5-49). Они

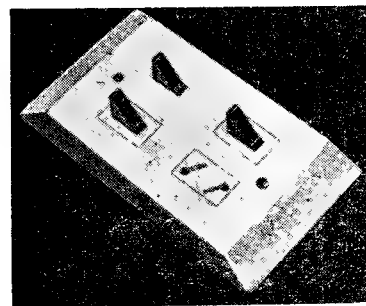


Рис. 5-48. Комбинированные электроустановочные изделия для скрытой установки.

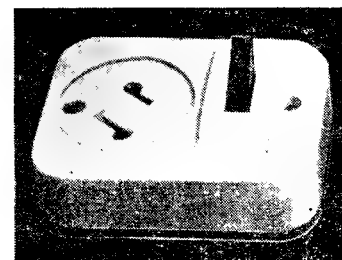


Рис. 5-49. Комбинированные электроустановочные изделия для открытой установки.

значительно более компактны, имеют лучший внешний вид по сравнению с группой из того же количества одиночных изделий и нуждаются в значительно меньшем времени для установки.

Комбинированные электроустановочные изделия для открытой установки имеют в основаниях два отверстия для крепежных винтов. Для ввода проводов в крышках предусмотрены пазы, перекрытые пленкой, выламываемой при подсоединении проводов. Комбинированные электроустановочные изделия для скрытой установки закрепляются винтами в коробке для скрытой проводки, являющейся составной частью изделия. Ввод проводов производится через отверстия в коробке.

5-6. МАГИСТРАЛЬНЫЕ И ГРУППОВЫЕ ЩИТКИ

Магистральные и групповые осветительные щитки предназначены для коммутирования и защиты от перегрузок и коротких замыканий питающих и групповых осветительных сетей.

Современные магистральные и групповые щитки подразделяются:

по типам аппаратов на отходящих линиях — с предохранителями, с автоматическими выключателями;

по схемам электрических соединений — для четырех-, трех- или двухпроводных отходящих линий, с вводными или без вводных аппаратов;

по роду защиты от воздействия окружающей среды — защищенные, защищенные с уплотнением, взрывонепроницаемые;

по способу установки — навесные, стоячие, утопленные.

Ниже дается описание выпускаемых промышленностью распределительных пунктов и групповых щитков, применяемых в осветительных установках промышленных предприятий, общественных, административных и жилых зданий.

Распределительные пункты серии ПР-9000 благодаря универсальности схем и высокому качеству получили широкое применение в качестве магистральных и групповых щитков в осветительных установках промышленных и общественных зданий.

Распределительный пункт серии ПР-9000 (рис. 5-50) состоит из стального шкафа с дверцей со съемными верхней и нижней крышками и расположенного в нем

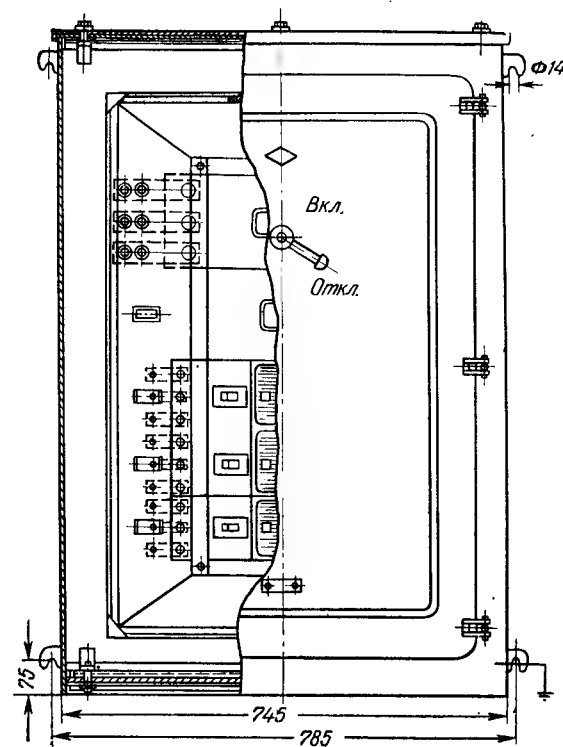


Рис. 5-50. Распределительный пункт серии ПР-9000 с вводным автоматом.

каркаса с ошиновкой и автоматическими выключателями.

По мощности встроенных автоматических выключателей пункты ПР-9000 изготавливаются двух типов:

а) с однополюсными (АЗ161) и трехполюсными (АЗ163) автоматическими выключателями на номинальный ток 50 А с тепловыми расцепителями;

б) с трехполюсными автоматическими выключателями на номинальные токи 100 (АЗ120) и 200 А (АЗ130) с комбинированными (тепловыми и электромагнитными) или электромагнитными расцепителями.

Номинальные токи пунктов указанных выше типов — 200 и 600 А, а максимальные сечения подводимых к ним проводов и кабелей питающих сетей — 120 и 185 мм².

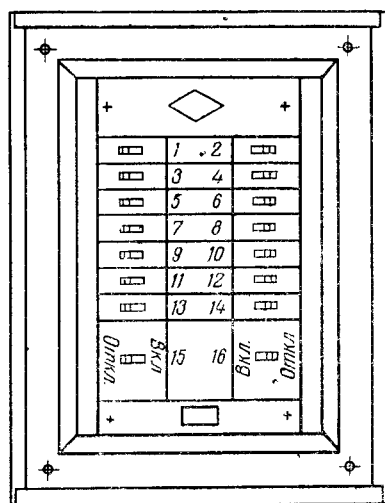
Распределительные пункты имеют большое количество схем с разным количеством автоматов, с вводным выключателем и без него. В распределительных пунктах с вводными выключателями (за исключением пунктов утопленного исполнения) управление вводным выключателем возможно без открывания шкафа с помощью вынесенной на дверцу шкафа рукоятки привода. Управление линейными выключателями возможно только при открытой дверце шкафа.

Пункты изготавливаются: навесные и стоячие защищенные с уплотнением; утопленные защищенные (только с автоматическими выключателями АЗ161 и АЗ163).

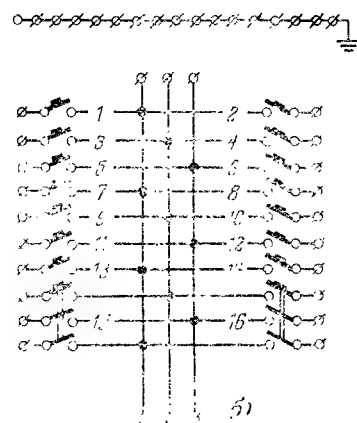
В пунктах защищенных с уплотнением дверцы и съемные крышки уплотняются резиновыми прокладками.

Ввод и вывод проводов осуществляются через верхнюю и нижнюю крышки пунктов утопленного и навесного исполнения и через верхнюю крышку и отверстие в днище пунктов стоячего исполнения.

Силовые распределительные пункты серии СУ-9500 и групповые осветительные щитки серии СУ-9400 (рис. 5-51) применяются в качестве магистральных и групповых щитков, главным



а)



б)

Рис. 5-51. Групповой осветительный щиток серии СУ-9400.
а — общий вид; б — схема.

образом в осветительных установках административных и общественных зданий.

Распределительные пункты и групповые щитки изготавливаются для утопленной установки защищенного исполнения и состоят из стального ящика и каркаса с оцинковкой и автоматическими выключателями. Ящик закрывается обрамлением с дверцами. Ввод и вывод проводов осуществляются через отверстия, образующиеся в верхней и нижней крышках при выбивке на монтаже имеющихся в них надрубов.

В электрических схемах распределительных пунктов и групповых щитков нет вводных выключателей. При необходимости они должны устанавливаться отдельно. Использование в качестве вводного одного из линейных автоматических выключателей не рекомендуется.

В пунктах СУ-9500 установлены трехполюсные автоматические выключатели АЗ110 и АЗ130 с номинальными токами 100 и 200 А с комбинированными или электромагнитными расцепителями, в щитках СУ-9400 — одно- и трехполюсные автоматические выключатели АЗ161 и АЗ163 с номинальным током 50 А с тепловыми расцепителями.

Максимальная нагрузка на главные шины пунктов — 400 А, групповых щитков — 150 А. Максимальное сечение проводов (кабелей) питающих линий, подводимых к главным шинам пунктов, — 120 мм², групповых щитков — 95 мм².

Преимуществами пунктов и щитков серий СУ-9500 и СУ-9400 по сравнению с пунктами серии ПР-9000 для утопленной установки являются их меньшая глубина и стоимость.

В качестве магистральных щитков в осветительных установках промышленных предприятий используются также распределительные пункты с предохранителями серий СП-62 и СПУ-62. Исполнение распределительных пунктов СП-62 — защищенное, СПУ-62 — закрытое.

Щитки промышленные серий ОЩ и ОЩВ комплектуются автоматическими выключателями АЗ161 с тепловыми расцепителями 15, 20 или 25 А на отходящих линиях и трехполюсным выключателем 100 А без расцепителей (нитки ОЩВ) или зажимами (щитки ОЩ) на вводе.

Щиток (рис. 5-52) состоит из стального ящика со съемными верхней и нижней крышками и установленно-

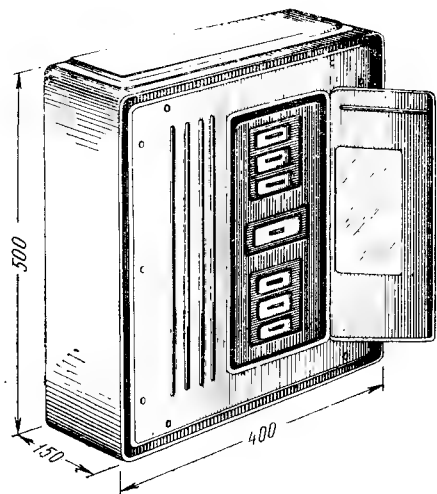


Рис. 5-52. Щиток промышленный серии ОЩВ.

го в нем съемного шасси с автоматами, рукоятки которых закрываются дверцей в фасадной стенке щитка.

Щитки изготавливаются защищенными навесными на 6 и 12 однофазных групп. Вводные зажимы щитков допускают присоединение к ним двух медных или алюминиевых жил сечением до 50 мм², а зажимы проводов отходящих линий — одной жилы сечением до 10 мм². Ввод и вывод питающих и отходящих линий возможны через нижнюю и верхнюю крышки. Размеры и массы щитков приведены ниже:

	ОЩ-6	ОЩ-12	ОЩВ-6	ОЩВ-12
Высота, мм	400	600	500	700
Ширина, мм	400	400	400	400
Глубина, мм	150	150	150	150
Масса, кг	13	19,5	16,5	23

Щиток осветительный серии ОП комплектуется автоматическими выключателями АБ-25А с расцепителями 15 или 20 А на отходящих линиях и зажимами на вводе.

Щиток (рис. 5-53) состоит из стального ящика со съемными верхней и нижней крышками. В ящике на съемном шасси смонтирована аппаратура. Рукоятки

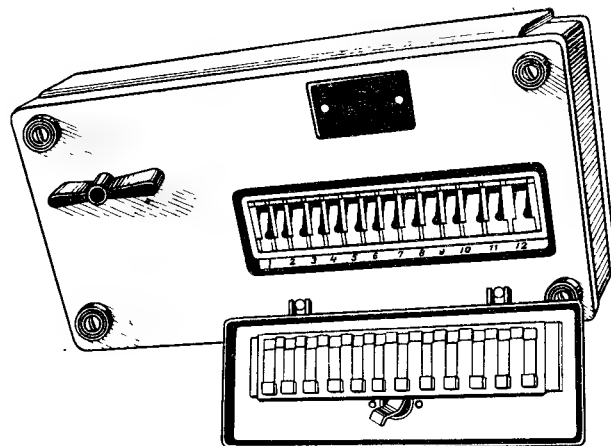


Рис. 5-53. Щиток осветительный серии ОП-12.

автоматов закрываются дверцей в фасадной стенке щитка.

Щитки изготавливаются защищенные навесные на 6 и 12 однофазных групп. Вводные зажимы щитков допускают присоединение к ним двух медных или алюминиевых жил сечением до 50 мм², а зажимы проводов отходящих линий — одной жилы сечением до 6 мм².

Ввод и вывод отходящих линий возможен через проемы в верхней и нижней стенках, закрываемые съемными крышками. Размеры и массы щитков серии ОП приведены ниже:

	ОП-6	ОП-12
Ширина, мм	384	510
Масса, кг	7	9

Щитки осветительные групповые серий ЩОА и ЩОАУ (рис. 5-54) комплектуются автоматическими выключателями АБ-25М с расцепителями 15 или 20 А на отходящих линиях.

Щитки изготавливаются навесные защищенные (ЩОА) и защищенные с уплотнением ЩОАУ на 3,6 и 12 однофазных групп. Подвод питания осуществляется к зажимам внутри щитка. Ввод и вывод питающих и отходящих проводов возможны как сверху, так и снизу. Основные технические данные щитков сведены в табл. 5-4.

Таблица 5-4

Технические характеристики щитков ЩОА и ЩОАУ

Тип	Исполнение	Размеры, мм					Максимальное сечение провода, подключаемого к зажимам, мм ²	Масса, кг
		А	Б	В	Г	Д		
ЩОА-3 ЩОАУ-3	Защищенное	150	170	245	135	120	10	2,46
	Защищенное с уплотнением	150	170	245	135	153	10	2,9
ЩОА-6 ЩОАУ-6	Защищенное	250	225	340	190	135	25	4,45
	Защищенное с уплотнением	250	225	340	190	168	25	5
ЩОА-12 ЩОАУ-12	Защищенное	250	347	350	312	135	50	6,8
	Защищенное с уплотнением	250	347	350	312	168	50	7,7

Щитки для общественных зданий серий УОЩВ (рис. 5-55) комплектуются автоматическими выключателями АЗ161 с тепловыми расцепителями 15, 20 или 25 А и трехполюсным выключателем 100 А без расцепителя на вводе.

Щитки изготавливаются защищенные для утопленной установки в нишах на 6 и 12 однофазных групп. Вводные зажимы щитков этой серии допускают присоединение к ним двух медных или алюминиевых жил сечением до 50 мм².

Ввод и вывод питающих и отходящих линий возможны как сверху, так и снизу. Размеры и массы щитков приведены ниже:

	УОЩВ-6	УОЩВ-12
Высота, мм	600	800
Ширина, мм	500	500
Глубина, мм	150	150
Масса, кг	17,5	24,5

Щитки осветительные групповые серии ЩО (рис. 5-56) выпускаются в защищенном исполнении

для утопленной установки в нишах. Щитки комплектуются автоматическими выключателями типа АЕ-1031-11 с расцепителями 6, 10, 16 и 25 А на отходящих линиях. Изготавливаются с автоматическим выключателем на вводе типа АЗ100, с неавтоматическим выключателем на вводе АЗ110 и без выключателя на вводе.

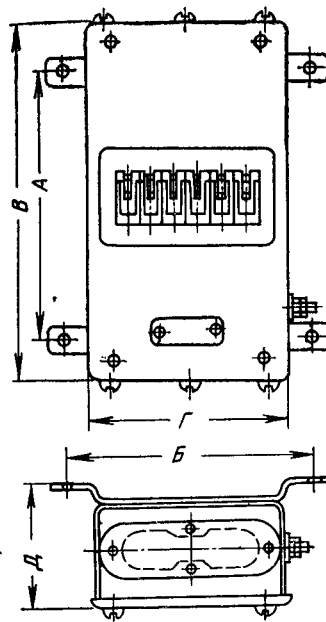


Рис. 5-54. Щиток осветительный групповой серии ЩОА.

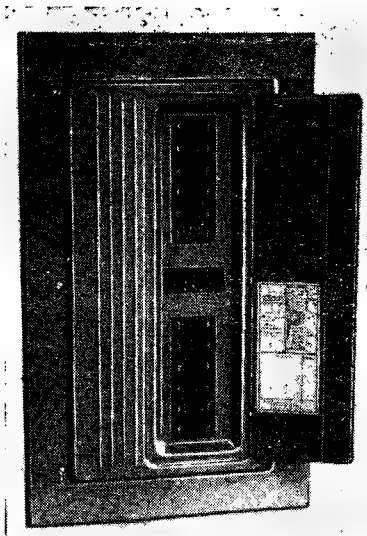


Рис. 5-55. Щиток для общественных зданий серии УОЩВ.

Питающие линии электрической сети сечением 16—35 и 50—95 мм² присоединяются к вводному выключателю или к сборным шинам щитков, не имеющих выключателя на вводе. Отходящие линии подключаются к контактным зажимам автоматических выключателей и нулевой шины. Суммарный ток нагрузки главных шин не более 100 А.

Основные технические характеристики щитков серии ЩО приведены в табл. 5-5, общий вид щитков показан на рис. 5-56.

Щитки осветительные взрывонепроницаемые типа ЩОВ (рис. 5-57) устанавливаются

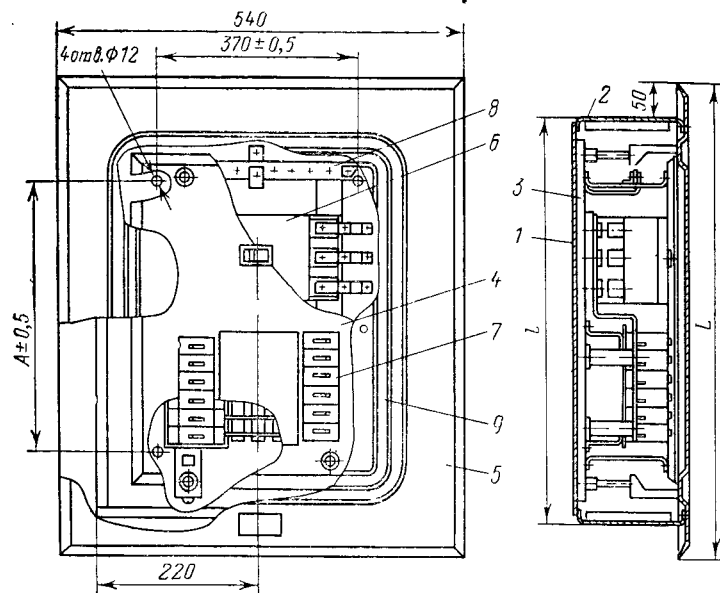


Рис. 5-56. Щиток осветительный серии ЩО.

1 — корпус; 2 — съемные крышки; 3 — шасси; 4 — пайель; 5 — обрамление; 6 — вводный выключатель; 7 — автоматические выключатели; 8 — нулевая шина; 9 — дверца.

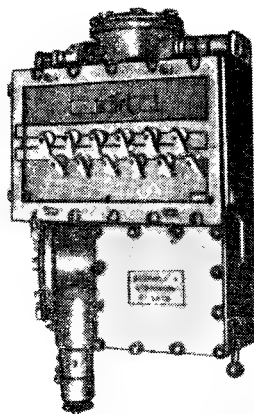


Рис. 5-57. Щиток ЩОВ-2 на 12 однофазных групп.

Таблица 5-5

Технические характеристики щитков ЦО

Тип щитка	Количество линейных автоматических выключателей	Наличие вводного выключателя	Размеры, мм			Масса, кг
			L	I	A	
ЩО31-21	6	Автоматический выключатель АЗ110 с комбинированными расцепителями	564	464	344	18,5
ЩО31-32	12		630	530	410	21
ЩО31-43	18		762	662	542	22,5
ЩО31-44	24		762	662	542	25
ЩО32-21	6	Неавтоматический выключатель АЗ110	564	464	344	18,5
ЩО32-32	12		630	530	410	21
ЩО32-43	18		762	662	542	22,5
ЩО32-44	24		762	662	542	25
ЩО33-15	6	Без выключателя	396	296	250	12
ЩО33-26	12		564	464	344	17
ЩО33-27	18		564	530	410	18
ЩО33-38	24		630	530	410	20

во взрывоопасных помещениях классов В-I, В-Ia, В-Iб, В-II, В-IIa и под навесами в наружных установках класса В-Iг химической, газовой, нефтяной и других отраслей промышленности, где по условиям работы возможно образование взрывоопасных смесей горючих газов, паров и пылей с воздухом 1, 2 и 3-й категорий групп Т1, Т2 и Т3.

Типы выпускаемых щитков, количество встраиваемых в них автоматических выключателей и их параметры указаны в табл. 5-6.

Щиток ЩОВ-6-1 предназначен для установки в помещениях класса В-I. Двухполюсные автоматические выключатели этого щитка включаются в фазные и нулевые провода групповой сети. Щитки ЩОВ-6-2, ЩОВ-1 и ЩОВ-2 предназначены для установки во взрывоопасных помещениях остальных классов и в наружных установках класса В-Iг. В этих щитках однополюсные автоматические выключатели должны включаться только в фазные провода групповых линий.

Таблица 5-6

Типы и основные характеристики щитков типа ЩОВ

Тип щитка	Количество и тип автоматических выключателей			Номинальный ток расцепителя, А			Номинальный ток щитка, А	Масса, кг
	одно-полюсные А3161Т	двух-полюсные АСТ-2Т	трех-полюсные А3163Т	А3161Т	АСТ-2Т	А3163Т		
ЩОВ-1	6	—	2				100	140
ЩОВ-2	12	—	—				80	140
ЩОВ-6-1	—	6	—	20	20	40	40	80
ЩОВ-6-2	—	6	—				80	80

Примечание. В щитках автоматы А3163Т с номинальным током 40 А допускается нагружать током не более 30 А.

Щитки предназначены для работы в следующих условиях: высота над уровнем моря не более 1000 м; температура окружающей среды от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$; относительная влажность окружающей среды не должна превышать 90% при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Среда не должна содержать значительного количества агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не должна быть насыщена токопроводящей пылью; место установки щитков должно быть защищено от попадания воды, масла, эмульсии и атмосферных осадков; рабочее положение в пространстве — вертикальное. Допускается отклонение от рабочего положения до 5° в любую сторону.

В щитках предусмотрены сальниковые вводы, обеспечивающие: ввод и вывод (транзит) питающих линий электрической сети сечением до 35 мм^2 , выполненных проводами в трубах, и бронированными или небронированными кабелями с медными или алюминиевыми жилами; вывод групповых линий сечением до 10 мм^2 , выполненных проводами в трубах или кабелями с медными или алюминиевыми жилами. Габаритные размеры щитков ЩОВ приведены ниже:

	ЩОВ-1, ЩОВ-2	ЩОВ-6
Высота, мм	970	850
Ширина, мм	600	490
Глубина, мм	335	320

В осветительных установках жилых зданий для приема, распределения и учета электроэнергии и для защиты линий электрической сети применяются:

вводные устройства (шкафы), устанавливаемые на вводе питающей линии в здание;

этажные щитки, устанавливаемые на ответвлениях от стояков питающей сети квартир, служащие для распределения электроэнергии в пределах этажа; квартирные щитки, устанавливаемые в квартирах для защиты квартирных сетей и учета электроэнергии.

Ниже приведены характеристики наиболее распространенных подобных изделий, изготавливаемых предприятиями Главэлектромонтажа и Укрэлектромонтажа Минмонтажспецстроя СССР.

Вводно-распределительные устройства серии (ВРУ)¹ предназначаются для приема и распределения электрической энергии и для защиты предохранителями типа ПН-2 отходящих линий в сетях трехфазного тока напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью общественных и жилых зданий повышенной этажности.

Устройства комплектуются из вводных ВРУ-В1—ВРУ-В3 и распределительных ВРУ-Р12—ВРУ-Р20 панелей шкафового типа одностороннего обслуживания.

Вводные панели ВРУ комплектуются предохранителями ПН2 и переключателями типа ПЦ. Номинальные токи переключателей и предохранителей вводных панелей ВРУ-В1 250 А; ВРУ-В2 400 А и ВРУ-В3 250 и 400 А.

Ввод проводов и кабелей предусмотрен снизу шкафа, вывод снизу или через верхнюю съемную крышку. Максимальное количество и сечение проводов или кабелей, подсоединяемых к одному вводному зажиму, $4 \times 150\text{ мм}^2$.

Внешний вид и схема вводной панели показаны на рис. 5-58.

Распределительные панели ВРУ-Р12—ВРУ-Р20 обеспечивают возможность набора различных схем для пи-

¹ Имеются в виду устройства, изготавливаемые заводами Главэлектромонтажа. Параметры ВРУ, выпускаемых другими ведомствами, отличаются от описанных.

тания рабочего и аварийного освещения и силовых токоприемников.

Исполнение распределительного устройства защищенное. Габаритные размеры всех панелей $1700 \times 800 \times 500$ мм. Средняя масса панели 150 кг. Общий вид рас-

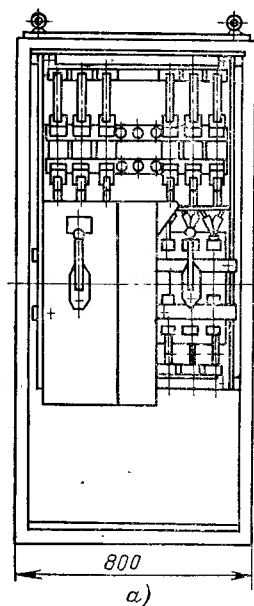
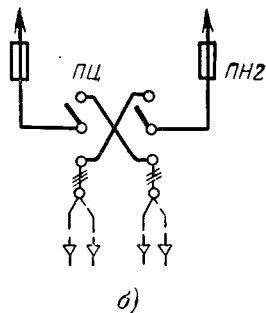


Рис. 5-58. Вводная панель серии ВРУ.
а — общий вид панели со снятой дверцей; б — схема.



пределительной панели серии ВРУ-Р16 со снятыми дверцами и схема приведены на рис. 5-59.

Шкафы вводные серии ШВ предназначены для приема и распределения электрической энергии и защиты отходящих линий в сетях трехфазного тока напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью трех-, четырех- пятиэтажных жилых и общественных зданий. В серию входят шкафы ШВ-1—ШВ-5 в защищенном исполнении, в которых, за исключением шкафа ШВ-1, предусмотрен общий учет домоуправленческих и абонентских нагрузок.

Ввод проводов в трубах и кабелей предусмотрен снизу шкафа, вывод снизу или через верхнюю съемную крышку. Максимальное количество и сечение жил проводов или кабелей, подключаемых к одному вводному

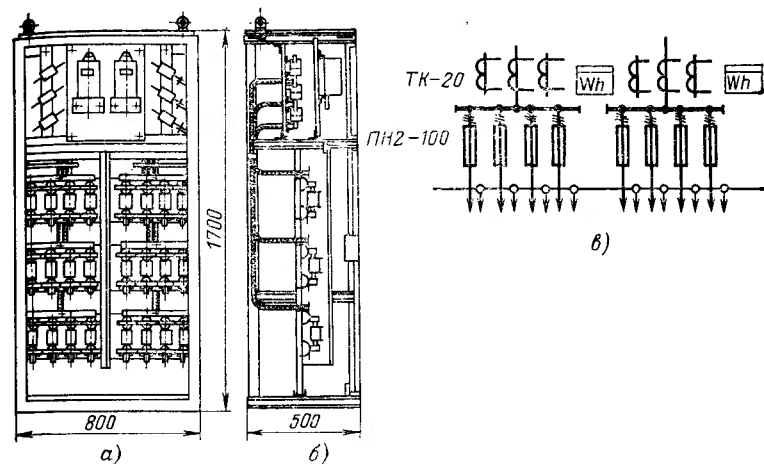


Рис. 5-59. Распределительная панель ВРУ-Р16.
а — общий вид панели со снятой дверцей; б — вид сбоку; в — схема.

зажиму, 2×150 мм². Габаритные размеры шкафов приведены ниже:

	ШВ-1	ШВ-2—ШВ-5
Высота, мм	1310	1700
Ширина, мм	750	750
Глубина, мм	326	326
Масса, кг	90	115

Общий вид шкафов ШВ-1—ШВ-5 и схемы приведены на рис. 5-60.

Этажные щитки типов ЩЭ-7 и ЩЭ-8 (рис. 5-61) позволяют осуществить четыре однофазных ответвления от неразрезаемой четырехпроводной магистрали, выполненной проводами с медными или алюминиевыми жилами сечением до 35 мм².

Для защиты ответвлений щитки комплектуются четырьмя автоматическими выключателями АБ-25М (в щитках ЩЭ-7) или предохранителями (в щитках ЩЭ-8) с расцепителями или плавкими вставками 15 А.

Щитки состоят из фасадного обрамления с дверцей и двумя скобами, служащими основанием для установки автоматических выключателей или предохранителей и зажимов для присоединения к магистральным прово-

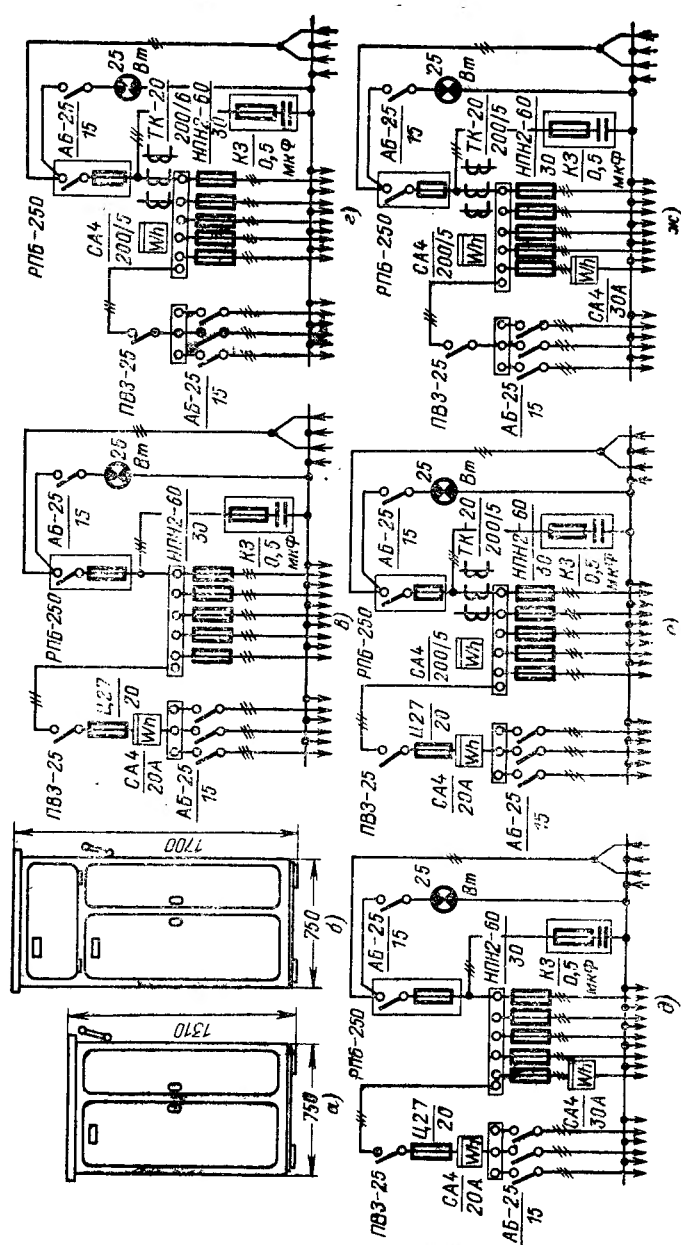


Рис. 5-60. Шкафы вводные для трех-пятиэтажных зданий в защищенном исполнении. а — общий вид шкафа ШВ-1; б — общий вид шкафа ШВ-2; в — ШВ-3; г — ШВ-4; ж — схема шкафа ШВ-1; з — схема шкафа ШВ-2; и — схема шкафа ШВ-3; к — схема шкафа ШВ-4; л — схема шкафа ШВ-5.

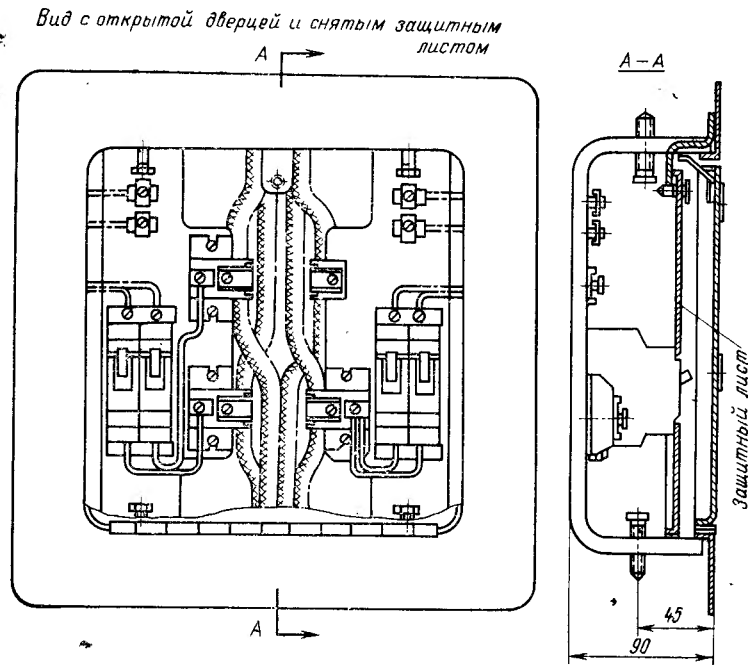


Рис. 5-61. Этажный щиток ЩЭ-7.

дам. Щитки изготавливаются защищенного исполнения для установки в нише размерами $300 \times 270 \times 125$ мм.

Широкое применение получили этажные щитки со счетчиками, совмещающие функции этажных и квартирных щитков.

Щиток ЩУЭ-4 (рис. 5-62) состоит из стальной рамы с фасадной дверью. На раме установлено съемное шасси, на котором укрепляются четыре однофазных счетчика типа СО-2, четыре двухполюсных пакетных выключателя 10 А и четыре автоматических выключателя АБ-25М с расцепителями 15 А. В фасадной двери имеются четыре окна, расположенных перед циферблатами счетчиков, и проем, через который выведены рукоятки пакетных выключателей и автоматов. Проем закрывается дверцей.

Фасадная дверь щитка закрывается висячим замком, поставляемым вместе со щитком. Щиток изготавливается в защищенном исполнении для установки в нише размером не менее $940 \times 500 \times 140$ мм. Присоединение щит-

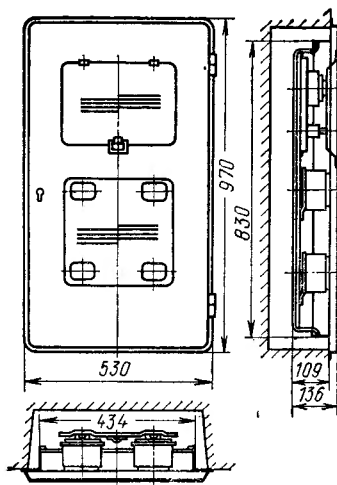


Рис. 5-62. Щиток этажный в защищенном исполнении ЩУЭ-4.

на стене (рис. 5-63) состоит из основания, на котором установлены четыре предохранителя (в фазных и нулевых проводах) и детали крепления счетчика.

На рис. 5-64 изображен щиток ЩК-15 на две группы для установки в нише. На вводе в щиток до счетчика установлен двухполюсный пакетный выключатель, а на отходящих линиях — автоматические выключатели АБ-25М только в фазных проводах. В щитках аналогичного типа, но с предохранителями последние устанавли-

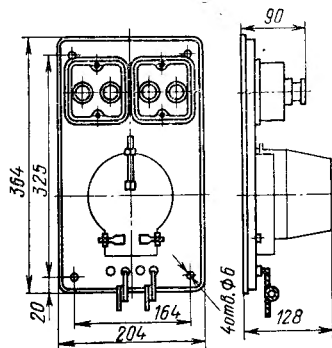


Рис. 5-63. Щиток квартирный ЩК-12.

ка к проводам магистрали, выполненной медными или алюминиевыми проводами сечением до 35 мм², предусматривается при помощи зажимов. Масса щитка 16,6 кг.

Квартирные щитки выпускаются защищенного исполнения для установки в нише и на стене на одну и две однофазные группы. Щитки комплектуются автоматическими выключателями АБ-25М с расцепителями 15 А или предохранителями Е27 с плавкой вставкой 10 А.

Щиток типа ЩК-12 на две группы для установки на

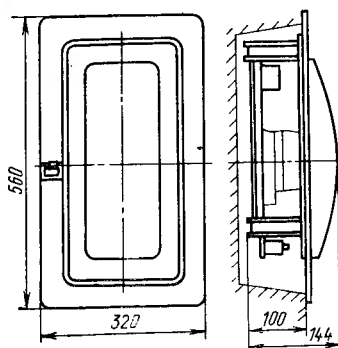


Рис. 5-64. Щиток квартирный ЩК-15.

ваются в фазном и нулевом проводах отходящих линий. Размеры ниши для установки щитка: 535×270×125 мм.

Описанные выше вводные устройства и щитки для жилых зданий являются лишь одним из примеров подобных изделий, изготавливаемых в разных модификациях различными организациями и предприятиями в стране.

5-7. ПРОВОДА И КАБЕЛИ

Проводом называется одна или несколько свитых проволок, образующих токопроводящую жилу, служащую для передачи электроэнергии. Провода могут быть голыми или изолированными.

Голыми называются провода, токопроводящие жилы которых не имеют никаких защитных или изолирующих оболочек. Голые стальные (марок ПСО, ПС), алюминиевые (марок А) и сталеалюминиевые (марок АС) провода широко применяются для воздушных линий.

Изолированными называются провода, токопроводящие жилы которых заключены в изолирующую оболочку из резины или пластмассы. Обычно эти провода имеют поверх изоляции оплетку из хлопчатобумажной пряжи или оболочку из резины, пластмассы или металла. К этой группе относятся провода с алюминиевыми и медными жилами марок АПР, ПР, АПВ, ПВ, АПРТО, ПРТО, АППВ, АППВС, АПН и др.

Изолированные провода, имеющие поверх электрической изоляции металлическую или пластмассовую оболочку, предохраняющую от механических повреждений, называются защищенными. Для защищенных проводов не нормируется высота прокладки от пола (площадки обслуживания). Однако в местах, где существует угроза механических повреждений, эти провода должны быть защищены уголком, трубой, коробом или иным образом. Примером защищенного провода является провод марки АТПРФ.

Шнуром называют две или более гибкие изолированные токопроводящие жилы, скрученные или проложенные параллельно, поверх которых могут быть наложены легкие защитные покровы.

В осветительных сетях шнуры применяются для присоединения к сети бытовых электроприборов, перенос-

ных и настольных ламп и иных переносных и передвижных токоприемников.

Материалом токопроводящих жил проводов, шнуров и кабелей являются медь или алюминий, а для голых проводов еще и сталь.

Кабелем называется одна или несколько изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметическую свинцовую, алюминиевую, резиновую или пластмассовую оболочку. Оболочка служит для защиты изоляции жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ и для предохранения их от механических повреждений.

Существует группа бронированных кабелей, у которых поверх металлических, пластмассовых и резиновых оболочек накладывается броня из стальных оцинкованных лент или проволок, а поверх брони — наружный покров, состоящий из слоев битума, пропитанной кабельной пряжи и мелового покрытия. Броня служит для защиты кабеля от механических повреждений, а наружный покров — для защиты брони и оболочки кабеля от коррозии. Кабели бронированные с наружным покровом применяются только при прокладке в траншеях в земле. Кабели, не имеющие наружного покрова поверх брони, называются голыми.

В осветительных сетях наибольшее применение имеют следующие кабели: при прокладке в земле в траншеях — бронированные с наружным покровом марок ААШв, ААБ, АВВБ, АВРБ; при прокладке в каналах, туннелях и блоках, а также в помещениях (без ограничения высоты прокладки) — бронированные голые марки ААБГ, АВВБГ и АВРБГ; при прокладке в помещениях вне зоны возможных механических воздействий — кабели без брони и наружных покровов марок ААГ, АВБГ, АПВГ, АВРГ, АНРГ.

Провода и кабели могут быть одножильными и многожильными. Многожильные провода, шнуры и кабели имеют в общей оболочке две или более надежно изолированные друг от друга жилы. Примером многожильных проводов являются провода марок ПРТО, АПРТО, ТПРФ, АРТ, АВТ, а также шнуры всех марок.

Жилы одножильных и многожильных проводов и кабелей могут изготавливаться однопроволочными и многопроволочными. Гибкие и особо гибкие провода и

шнуры изготавливаются только с медными многопроволочными жилами.

Жилы проводов, шнуров и кабелей по площади поперечного сечения изготавливаются следующих стандартных размеров: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 400; 500; 625; 800 и 1000 мм².

Для изоляции жил проводов, шнуров и кабелей применяются: вулканизированная резина на основе натурального и синтетического каучуков, полиэтилен, поливинилхлоридный пластикат и кабельная бумага (для кабелей).

Вопросы для проверки

1. Расскажите, какие Вы знаете отличительные особенности современных светильников?

2. Из каких конструктивных элементов состоят светильники с лампами накаливания, ДРЛ и люминесцентными лампами?

3. Назовите известные Вам типы светильников с лампами накаливания, ДРЛ и люминесцентными лампами для промышленных и общественных помещений.

4. Какие Вы знаете типы вводных устройств в светильниках с лампами накаливания и ДРЛ?

5. Назовите известные Вам способы установки светильников.

6. Какие Вы знаете взрывозащищенные светильники?

7. Каково назначение ПРА в осветительных установках с газоразрядными лампами?

8. Какие Вы знаете типы стартерных и бесстартерных ПРА?

9. Каково назначение конденсаторных установок в осветительных сетях с лампами ДРЛ?

10. Назовите известные Вам типы конденсаторных установок.

11. Для чего и в каких случаях применяются понижающие трансформаторы в осветительных установках?

12. Изобразите электрическую схему ЯТП-0,25.

13. Назовите электроустановочные изделия, применяемые в осветительных установках и для комплектации светильников. Расскажите об их назначении.

14. Какие Вы знаете распределительные пункты и щиты, применяемые в осветительных установках промышленных, общественных и жилых зданий?

15. Какие аппараты устанавливаются на распределительных пунктах и щитках?

16. Что такое «провод», «шнур», «кабель»?